Cuadernos

Historia 16

250 PTAS



Ciencia musulmana en España

Julio Samsó

92

Cuadernos
Historia 16

Plan de la Obra

1. La Segunda República Española • 2. La Palestina de Jesús • 3. El Califato de Córdoba • 4. El Siglo de Oro, 1 • 5. El Siglo de Oro, 2 • 6. Faraones y pirámides • 7. La Castilla del Cid • 8. La Revolución Industrial • 9. Felipe II • 10. La medicina en la Antigüedad • 11. Los Reyes Católicos • 12. La mujer medieval • 13. La Revolución Francesa, 1 • 14. La Revolución Francesa, 2 • 15. La Revolución Francesa, 3 • 16. El Egipto de Ramsés II • 17. La invasión árabe de España • 18. Los Mayas • 19. Carlos V • 20. La guerra de la Independencia, 1 • La guerra de la Independencia, 2 • 22. La Hispania romana • 23. Vida cotidiana en la Edad Media • 24. El Renacimiento • 25. La Revolución Rusa • 26. Los fenicios • 27. La Mezquita de Córdoba • 28. La Reforma en Europa • 29. Napoleón Bonaparte, 1 • 30. Napoleón Bonaparte, 2 • 31. Los iberos • 32. Recaredo y su época • 33. Los campesinos del siglo XVI • 34. La Inglaterra victoriana • 35. El Neolítico • 36. Los Aztecas • 37. La Inglaterra isabelina • 38. La II Guerra Mundial, 1 • 39. La II Guerra Mundial, 2 • 40. La II Guerra Mundial, 3 • 41. Tartessos • 42. Los campesinos medievales • 43. Enrique VIII • 44. La España de José Bonaparte • 45. Altamira • 46. La Unión Europea • 47. Los reinos de taifas • 48. La Inquisición en España • 49 Vida cotidiana en Roma, 1 • 50. Vida cotidiana en Roma, 2 • 51. La España de Franco • 52. Los Incas • 53. Los comuneros • 54. La España de Isabel II • 55. Ampurias • 56. Los almorávides • 57. Los viajes de Colón • 58. El cristianismo en Roma • 59. Los pronunciamientos • 60. Carlomagno, 1 • 61. Carlomagno, 2 • 62. La Florencia de los Médicis • 63. La Primera República Española • 64. Los sacerdotes egipcios • 65. Los almohades • 66. La Mesta • 67. La España de Primo de Rivera • 68. Pericles y su época • 69. El cisma de Aviñón • 70. El Reino nazarita • 71. La España de Carlos III • 72. El Egipto ptolemaico • 73. Alfonso XIII y su época • 74. La flota de Indias • 75. La Alhambra • 76. La Rusia de Pedro el Grande • 77. Mérida • 78. Los Templarios • 79. Velázquez • 80. La ruta de la seda • 81. La España de Alfonso X el Sabio • 82. La Rusia de Catalina II • 83. Los virreinatos americanos • 84. La agricultura romana • 85. La Generación del 98 • 86. El fin del mundo comunista • 87. El Camino de Santiago • 88. Descubrimientos y descubridores • 89. Los asirios • 90. La Guerra Civil española • 91. La Hansa • 92. Ciencia musulmana en España • 93. Luis XIV y su época • 94. Mitos y ritos en Grecia • 95. La Europa de 1848 • 96. La guerra de los Treinta Años • 97. Los moriscos • 98. La Inglaterra de Cromwell • 99. La expulsión de los judíos • 100. La revolución informática.

Rufino González, 23 bis
28037 Madrid. Tel. 304 65 75

ISBN: 84-7679-286-7 (Fascículos)
ISBN: 84-7679-287-5 (Obra completa)
Depósito legal: M-15064-1997

Distribución en quioscos: SGEL
Suscripciones: Historia 16. Calle Rufino González, 23 bis
28037 Madrid. Tel. 304 65 75

Fotocomposición y fotomecánica: Amoretti S.F., S.L.
Impresión: Graficinco, S.A.
Encuadernación: Mavicam
Printed in Spain - Impreso en España

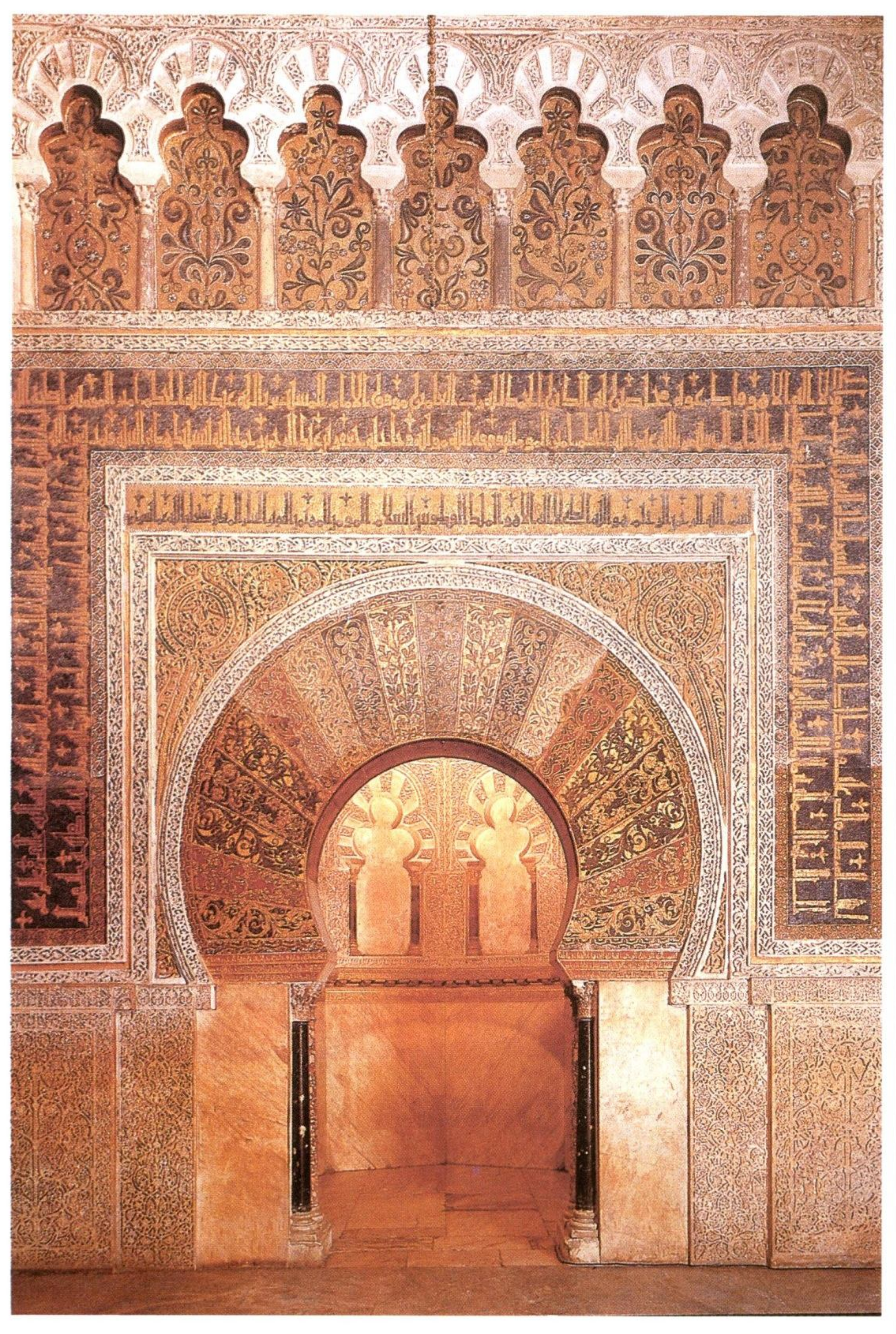
Precio para Canarias, Ceuta y Melilla: 275 ptas., sin IVA, incluidos gastos de transporte.

Historia 16

Indice



En portada, globo celeste construido por Ibrahim al-Shali (Biblioteca Nacional, París). Izquierda, retrato romántico del filósofo Maimónides



Exterior del mihrab de la mezquita de Córdoba, erróneamente orientado porque los primeros musulmanes que llegaron a la Península eran gente de armas y no de ciencia y, además, en su mayor parte eran gentes magrebíes, recientemente arabizadas

Ciencia musulmana en España

Julio Samsó
Catedrático de Estudios Arabes e Islámicos. Universidad de Barcelona

Las páginas que siguen pretenden abarcar un esbozo del desarrollo de las ciencias exactas —incluida la astrología, ya que en la Edad Media esta disciplina se confunde con la astronomía— y físico-naturales —excluyendo la medicina pero no la farmacología, dadas sus estrechas relaciones con la botánica— entre el 711 —fecha de la primera invasión musulmana de la Península Ibérica— y 1492 —año de la toma de Granada—, que implica el fin de los nazaríes, última dinastía musulmana que reinó en España.

Se limita el análisis de aquellos textos científicos en los que la lengua vehicular utilizada es el árabe —por más que, a veces, las fuentes se hayan conservado sólo en traducciones latinas, hebreas, castellanas o catalanas— y que han surgido en un ambiente controlado políticamente por el Islam. Esto implica, en principio, dejar de lado las aportaciones —humildes, pero interesantísimas desde un punto de vista socio-histórico— de mudéjares y moriscos. La razón fundamental de esta exclusión es la inexistencia de estudios de base que permitan elaborar una síntesis, por más que se hayan iniciado investigaciones en este sentido en lo que respecta a la medicina, gracias sobre todo a Luis García Ballester.

En lo que se refiere al marco geográfico hay que señalar que éste es cambiante y que coincide con lo que los árabes denominaron *al-Andalus:* una realidad política y también, a veces, cultural cuya frontera septentrional alcanzó los Pirineos en el siglo VIII, pero que fue retrocediendo progresivamente a medida que se iban produciendo los avances de la Reconquista, y que, desde el siglo XIII, se vio limitada a los dominios del reino nazarí de Granada.

Esta historia, que se extiende a lo largo de casi ocho siglos, se conoce de forma bastante desigual: bastante bien hasta finales del siglo XII y bastante mal a partir de esta fecha, ya que los períodos de decadencia no suelen atraer la atención de los historiadores. Por otra parte, si comparamos el desarrollo de la ciencia árabe en al-Andalus con el de la ciencia oriental, podremos establecer características diferenciales que tienen un cierto interés. La primera de ellas es la supervivencia de una humilde ciencia —y cultura— latino-visigótico-mozárabe que es predominante hasta, aproximadamente, mediados del siglo IX y que sobrevive como resto arqueológico por lo menos hasta el siglo XI. El proceso de orientalización de la ciencia andalusí se produce, sobre todo, entre el 850 y el 1031, fecha de la caída del Califato de Córdoba.

Las nuevas aportaciones de la ciencia oriental son cada vez más raras después del siglo XI y la ciencia andalusí adquiere una progresiva independencia y limita, en general, sus relaciones culturales a las que mantiene con el Norte de Africa. El XI será el gran siglo de la ciencia andalusí cuyo desarrollo se produce, en general, con un desfase de un siglo, por lo menos, en relación a la ciencia oriental. El brillo de este siglo disminuirá a lo largo del siguiente, caracterizado sobre todo por su interés por la filosofía, y la decadencia se iniciará en el siglo XIII, coincidiendo, cronológicamente, con el nacimiento de una etapa científicamente activa en la España cristiana: el reinado de Alfonso X.

Supervivencia de la cultura isidoriana (711 - 850)

Al-Andalus se mantendrá, casi por completo, al margen de la renovación

científica que tiene lugar en Oriente a partir del siglo XIII. A lo largo de los ocho siglos de los que estoy hablando, los sabios andalusíes cultivarán de manera especial la astronomía, la botánica, la medicina y la agricultura, dejando de lado en general las matemáticas, por más que ciertas investigaciones muy recientes —de las que hablaré— puedan tal vez hacernos cambiar de opinión en un futuro próximo.

Los musulmanes que invadieron España no eran hombres de ciencia ni gentes cultas. Por una parte, las primeras olas de la invasión estaban formadas sobre todo por bereberes de arabización muy reciente, y ciertas noticias transmitidas por los historiadores nos permiten sentir dudas acerca del nivel cultural de ciertos miembros de las clases dirigentes árabes. Existían, desde luego, excepciones: el primer emir omeya, ᶜAbd al-Rahmán I (756-788), llevó a cabo ensayos de aclimatación de plantas orientales en los jardines de su palacio de la Ruzafa cordobesa y su ejemplo fue seguido por alguno de sus cortesanos, con lo que tenemos un embrión de los jardines botánicos que se fundarían en al-Andalus a partir del siglo XI.

Pero este caso resulta desde luego excepcional y ciertos problemas relativos al culto islámico pero que requerían conocimientos previos de astronomía para su resolución correcta, como la orientación del *mihrab* de las mezquitas, se debieron resolver recurriendo a prácticas consuetudinarias que tenían su razón de ser en la Península Arábiga o en Siria, pero que difícilmente se ajustaban a las coordenadas geográficas de las tierras recién conquistadas. Esto explica el que la mezquita de Córdoba, por ejemplo, tenga su *mihrab* mal orientado. Por otra parte, las fuentes históricas que se ocupan de la conquista contienen, con frecuencia, referencias a prácticas adivinatorias, astrológicas o no, que se atribuyen tanto a musulmanes como a cristianos.

Esto nos lleva al tema de la supervivencia de una tradición astronómica y astrológica latino-visigótica en medio musulmán andalusí. Un anónimo magrebí, de la segunda mitad del siglo XIV o de principios del siglo XV, atribuye al rey Sisebuto (612-621) escritos en verso sobre cuestiones relativas a la astronomía, astrología y medicina. Nada sabemos acerca de los presuntos escritos médicos de Sisebuto, pero sí es cierto que escribió un poema latino acerca de los eclipses de sol y de luna en el que da una explicación correcta de estos fenómenos. Por otra parte, el historiador al-Razi habla de la fama de Isidoro como astrólogo, lo que puede explicarse por los pasajes astronómicos de sus *Etimologías* así como por su libro *De natura rerum.*

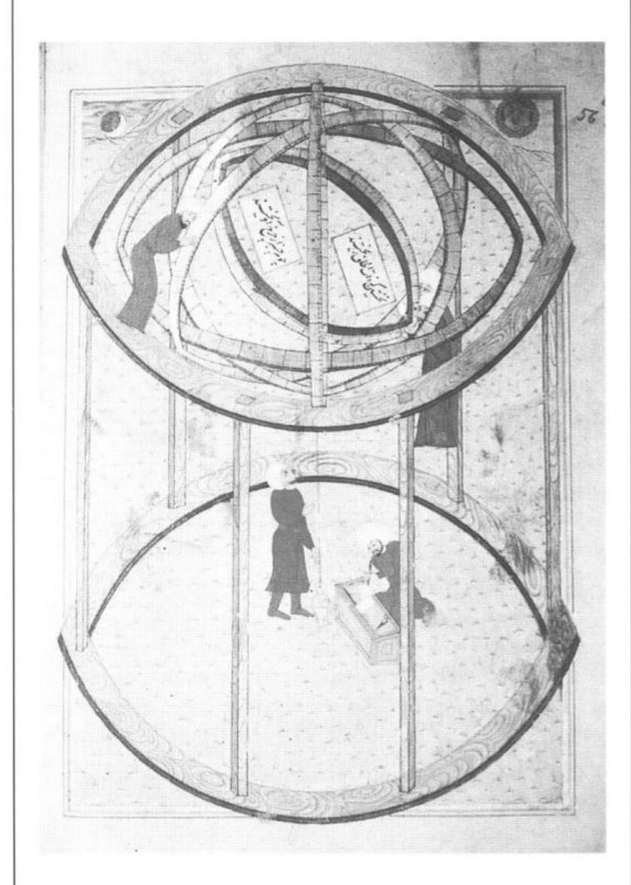
La evidencia más clara de que disponemos acerca de la supervivencia de una tradición astrológica indígena se encuentra en una obra alfonsí, el *Libro de las Cruces.* Este libro es una traducción castellana de una obra astrológica de la que se han descubierto recientemente numerosos pasajes, entre los que se encuentran 39 versos de un poema didáctico de al-Dabbí, astrólogo de corte del emir Hisham I (788-796), que se corresponden muy bien con el capítulo 57 del *Libro de las Cruces.*

Disponemos, por ello, de un texto que es la fuente astrológica andalusí más antigua conocida y que, por otra parte, está documentado en una época en la que no existe evidencia alguna de que fueran conocidos, en nuestro país, textos astrológicos orientales de origen indio, persa o griego. A esto debe añadirse que tanto los textos árabes conservados como la versión castellana alfonsí insisten en que el *sistema de las cruces* era el antiguo sistema de predicción astrológica utilizado por los *rum* —¿romanos?, ¿cristianos?— de al-Andalus y el Norte de Africa, antes de que se introdujeran los sistemas más evolucionados debidos a los astrólogos orientales.

De todo esto puede deducirse, por tanto, que el *Libro de las Cruces* representa la última etapa de la evolución de un manual de astrología cuyo origen se encuentra en la baja latinidad y que se utilizaba en España y en el Norte de Africa antes de la invasión musulmana. Por otra parte, este género de técnica astrológica sobrevivió a la orientalización de al-Andalus. Hay razones para creer que fue utilizado por los astrólogos de Almanzor (981-1002) con el fin de establecer los momentos propicios para que el caudillo musulmán iniciara sus campañas. Fue revisado más tarde —probablemente en el siglo XI— por un cierto ᶜUbayd Allah, y

debía de ser apreciado todavía en el siglo XIII, ya que Alfonso X ordenó su traducción.

De hecho tanto este libro como el *Tractat d'Astrología,* escrito por Ramón Llull en 1297, constituyen buenos ejemplos de un género de astrología muy al uso en al-Andalus y el Norte de Africa en la Baja Edad Media. Al utilizar unas técnicas de predicción muy simplificadas abaratan notablemente los costes del horóscopo, y permiten que éste se encuentre al alcance de las clases menos favorecidas.



Astrónomos árabes trabajando en una esfera armilar (ilustración del siglo XVI, Biblioteca Universitaria de Estambul)

Este probable origen latino del *sistema de las cruces* confirma lo que sabemos acerca de la cultura de la época. En la biblioteca de Eulogio de Córdoba —el instigador del movimiento de mártires voluntarios que se inició en esa ciudad en el 850— se encontraba el códice llamado *Ovetense,* que contenía, además de una de las menciones más antiguas de las cifras indoárabes, una buena colección de textos de tradición isidoriana, acompañados por notas marginales en árabe que aparecen asimismo en otros códices contemporáneos contenidos en las *Etimologías.*

Más espectacular resulta el célebre mapa isidoriano en *T,* conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid, en el que las leyendas aparecen en árabe. Se trata, pues, bien de la obra de un musulmán que conocía a fondo la tradición isidoriana, bien de la de un cristiano profundamente arabizado. Rasgos de esta índole pueden encontrarse fácilmente en el campo de la historiografía, ya que es un hecho bien establecido que los historiadores andalusíes utilizaron con frecuencia fuentes latinas en todo lo relativo a la historia preislámica de la Europa Occidental y conservamos, sin ir más lejos, la traducción árabe realizada en Córdoba de las *Historias* de Paulo Orosio.

Si volvemos a campos más propiamente científicos, debe recordarse aquí la *Historia de los médicos* escrita por el cordobés Ibn Djuldjul en el año 987. En esta obra, cuyo autor manifiesta haber utilizado fuentes latinas, se pone de relieve que la medicina andalusí se encontraba en manos de los cristianos hasta la época de ᶜAbd al-Rahmán III (912-961), y que *en al-Andalus la medicina se practicaba según uno de los libros de los cristianos que había sido traducido.* Por otra parte, de los seis médicos mencionados por Ibd Djuldjul en la segunda mitad del siglo IX y principios del X, cinco son cristianos y dos de ellos llevan nombres tan significativos como Hamdín ibn Ubba —Oppas— y Jáid ibn Yazid ibn *Rumán.* Restos de esta situación se conservarán todavía durante el califato de ᶜAbd al-Rahmán III.

Un tercer campo en el que parece clara la supervivencia de una tradición latina es el de la agronomía. Hablareos más adelante del desarrollo agronómico andalusí en el siglo XI pero conviene adelantar aquí que, hasta hace muy poco, se aceptaba la existencia de una tradición directa de Columela entre los agrónomos andalusíes, y que se había llegado incluso a postular la existencia de una traducción árabe, realizada en Al-Andalus, del *De re rustica* de este autor.

Aunque esta teoría parece hoy abandonada, incluso los estudiosos más hipercríticos parecen creer en la existencia de una agronomía latina bajo el

dominio musulmán, ya que tratadistas como Ibn Hadjdjadj (siglo XI) afirman que se basan en la tradición de los *rum* —mozárabes—. Y en el siglo siguiente Ibn al-ᶜAwwann manifiesta que ha recogido las opiniones de autores no musulmanes a los que no cita por su nombre, sino que introduce sus citas con frases del tipo *Hay agrónomos que dicen..., otros dicen...*

Alguna de estas fuentes anónimas ha sido identificada recientemente en un manuscrito de la Biblioteca Nacional de París que contiene un opúsculo agronómico escrito por un cristiano, ya que el autor defiende con entusiasmo el procedimiento evangélico de fecundación del árbol estéril amenazándolo con un hacha. Por otra parte se cree también en la existencia de una traducción árabe andalusí de la obra agronómica de Marcial.

El desarrollo de la cultura oriental (850-1031)

El cuadro que acabo de trazar resulta sin duda parcial. He insistido en la supervivencia de una cultura autóctona porque es el rasgo más característico, aunque desde luego no es en modo alguno exclusivo. Por otra parte, los límites temporales que he señalado son simples puntos de referencia. He dado un número suficiente de ejemplos que muestran que la cultura latina sobrevive más allá del 850 y que cohabita con la cultura árabe. Por otra parte, el proceso de orientalización de la cultura andalusí comienza, por lo menos, con la llegada al trono del primer omeya (756) y se consolida bajo ᶜAbd al-Rahmán II (821-852).

Los musulmanes andalusíes emprenden desde muy pronto viajes a Oriente con el fin de estudiar o, simplemente, de realizar la peregrinación a La Meca, y a su regreso traen consigo las últimas novedades. La mezquita de Córdoba, fundada en el 786, se convierte en un centro de difusión cultural y, poco a poco, la medicina, la astronomía y las matemáticas se introducen en la enseñanza superior que se imparte en las mezquitas o en casas particulares. Como veremos, será mucho más tarde (siglo XIV) cuando aparezca la *madrasa* o escuela de altos estudios, la única institución musulmana vagamente comparable a la universidad. Nada sabemos acerca del desarrollo de otras instituciones científicas, como los hospitales —que debieron, sin duda, de existir— o los observatorios —sobre cuya existencia es lícito dudar—; pero la situación es muy distinta en lo que respecta a las bibliotecas.

Es manifiesto el interés que ciertos emires sintieron por los libros. ᶜAbd al-Rahmán II, lector de obras de filosofía y de medicina, envió a Oriente al astrólogo, cadí y poeta ᶜAbbás ibn Násih con el fin de que le comprara libros, y tenemos documentada la existencia de una biblioteca real desde tiempos del emir Muhammad (852-886). Esta biblioteca se desarrolló notablemente bajo al-Hakam II (961-976) por más que debe rechazarse la cifra tópica de 400.000 volúmenes que, según la tradición, habría contenido. Las fuentes árabes atribuyen la misma cifra a la biblioteca de Alejandría y a alguna de las bibliotecas privadas —no públicas— que aparecieron, durante los siglos X y XI, en Córdoba, Sevilla, Almería, Badajoz, Toledo, Zaragoza, etcétera.

Debe quizás atribuirse a ᶜAbd al-Rahmán II el papel de promotor de esta orientalización de la cultura científica. El anónimo magrebí del siglo XIV o XV ya mencionado afirma que fue el primero que introdujo unas tablas astronómicas —indispensables para calcular con un mínimo de precisión la posición del Sol, Luna y planetas en un momento determinado— en al-Andalus, así como libros de filosofía, música, medicina y astronomía. Estas afirmaciones coinciden con otros testimonios que atribuyen a personajes como ᶜAbbás ibn Firnás (m. en 887) o ᶜAbbás ibn Násih (m. después del 844) la introducción de las tablas astronómicas llamadas *Sinhind,* de tradición india, probablemente en la redacción que de ellas hizo el célebre astrónomo y matemático oriental al-Ju-warizmí hacia el año 830.

Por otra parte, la astrología está de moda en la corte cordobesa y el emir se rodea de un grupo de poetas-astrólogos como Ibn Firnás, Ibn Násih, Yahya al-Gazal e Ibn al-Shámir. Al menos desde

Página de un tratado astrológico musulmán del siglo XV (Biblioteca Topkapi, Estambul)



esta época el astrólogo se convierte en un personaje que con frecuencia goza de la confianza del emir, y más tarde del califa, lo que suscita los celos de los piadosos alfaquíes y de ciertos poetas. Tenemos testimonios de polémicas antiastrológicas, que también son antiastronómicas, tanto en el siglo IX como en el X.

Por otra parte, se trata de una etapa durante la cual se introducen novedades continuamente. Bastarán unos pocos ejemplos: la orientalización en el campo de la medicina parece deber mucho a la presencia en Córdoba del médico llamado al-Harrani, que trabajó en la corte de ᶜAbd al-Rahmán II. Sus nietos (?), Ahmad y ᶜUmar ibn Yunus al-Harrani, cursan sus estudios en Bagdad con el médico Thábit ibn Sinán, nieto a su vez del gran astrónomo y matemático Thabit ibn Qurra (m. en 900).

Razón ésta por la cual cabe plantearse la posibilidad de que estos dos personajes fueran los introductores en al-Andalus de buena parte de la obra de Thábit ibn Qurra, y particularmente de su tratado sobre magia talismánica, una disciplina que está en boga en la Península en el siglo XI. En él se escribirá el célebre *Picatrix,* debido a Abú Maslama de Madrid. En el siglo X se introducen asimismo las técnicas de la llamada *astrología mundial,* que intenta explicar los grandes acontecimientos de la Historia sobre la base de las conjunciones planetarias, y muy especialmente de las de Júpiter y Saturno.

Dos textos básicos en los que se expone este tipo de astrología —el *Libro de los miles,* de Abú Maᶜshar/Albumasar, y el *Liber Universus,* de ᶜUmar ibn Farruján— están documentados en Córdoba en este siglo. Se introducirá también un texto alquímico básico, la *Tabula Smaragdina,* e Ibn Djuldjul dará la lista de las dieciséis obras de Galeno que un estudiante de medicina debe conocer necesariamente.

Sobre esta base la ciencia andalusí puede empezar a mostrarse productiva. Desde este punto de vista la figura más interesante en la segunda mitad del siglo IX es quizá la de ᶜAbbás ibn Firnás, quien no se limitó a ser poeta y astrólogo sino que también intentó volar —con escaso éxito— en la Ruzafa cordobesa; introdujo una nueva técnica para la fabricación del vidrio; construyó una especie de planetario en una habitación de su casa, y regaló una esfera armilar —la primera documentada en al-Andalus— a ᶜAbd al-Rahmán II, y una clepsidra con autómatas móviles —con la que podía determinarse la hora cuando no había sol ni estrellas que pudieran servir de guía— al emir Muhammad.

Tres hitos fundamentales

ᶜAbbás ibn Firnás es, sin duda, una figura excepcional dentro del siglo IX, pero no se trata de un científico auténtico sino más bien de un cortesano dotado de una curiosidad enciclopédica que sabía aprovechar muy bien sus conocimientos. El desarrollo auténtico de una ciencia andalusí tendrá lugar durante el siglo siguiente, en el que encontraremos: a) un calendario popular, el *Calendario de Córdoba,* que contiene una de las primeras manifestaciones conocidas en al-Andalus de la astronomía religiosa islámica —*miqat*—; b) el desarrollo de una farmacología autóctona y c) la escuela de Maslama de Madrid, punto de partida de la astronomía andalusí.

El *Calendario de Córdoba* fue compuesto para al-Hakam II, antes o después de su acceso al califato en el año 960, por el médico e historiador ᶜArib ibn Saᶜd con la cooperación del obispo mozárabe Tabiᶜ ibn Zayd, cuyo nombre latino era Recemundo. De la cooperación entre estos dos autores surge de manera natural una obra híbrida, en la que las referencias a la cultura latina se limitan al santoral mozárabe y a las menciones a las prácticas agrícolas habituales en la Península. Un peso más o menos análogo corresponde a la tradición cultural árabe preislámica, que dejó sus huellas en nuestro *Calendario* en los pronósticos meteorológicos basados en los ortos helíacos y ocasos acrónicos de determinadas estrellas en ciertas fechas significativas del año solar.

Aunque a veces se ha atribuido un carácter astrológico a estos pronósticos, el sistema de predicción de hecho se limita a señalar la existencia de una sincronía entre determinados fenómenos astronómicos que se repiten cada año en fecha fija y otros fenómenos meteorológicos relacionados con las es-

taciones del año. Si se quiere buscar un paralelismo, piénsese que en el Norte de Aragón, por ejemplo, suele llover y empieza a refrescar *para la Virgen de agosto,* y que en Barcelona es bastante frecuente que las lluvias acompañen la festividad de san Jorge o las fiestas de La Merced, sin que ello implique una creencia en la participación directa de Vírgenes y santos en la venida de la lluvia.

No obstante, en el siglo X la cultura científica árabe ha asimilado ya las principales aportaciones de la ciencia

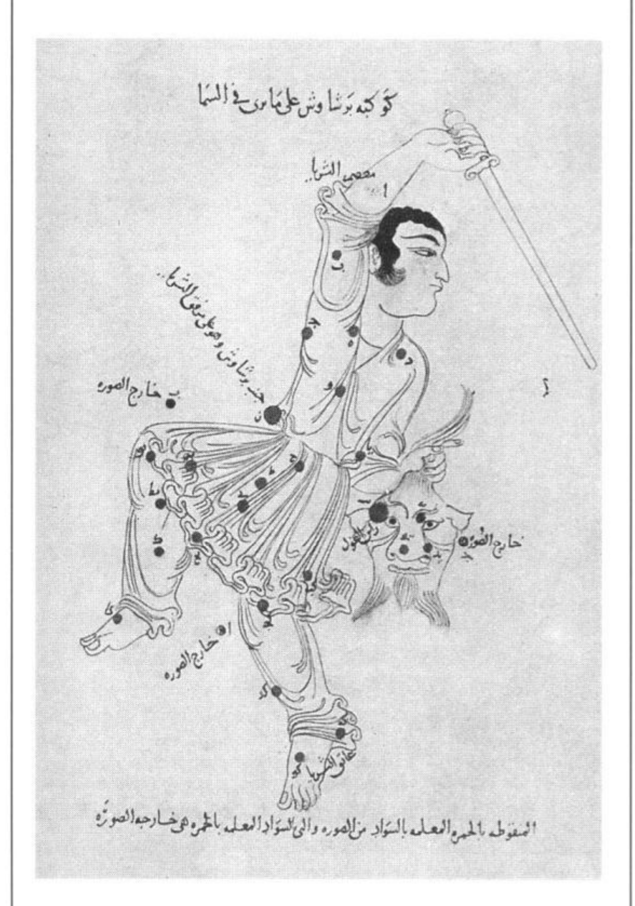


Ilustración del *Tratado de las Estrellas*, de al-Sufi (Biblioteca de la Universidad de Oxford)

indopersa y griega y encontramos asimismo sus ecos en el *Calendario.* Disponemos así de citas de la *Dieta* hipocrática, que los autores de nuestro texto atribuyen a Hipócrates y Galeno, y referencias a la entrada del sol en los signos zodiacales de acuerdo con las tablas astronómicas indias del *Sindhind* y según las tablas del astrónomo al-Battani (m. en 929), oriundo de la Alta Mesopotamia. Por otra parte, nuestro texto contiene también otros materiales astronómicos, espaciados a lo largo de un año solar, como la altura del Sol a su paso por el meridiano; *sombra* que corresponde a la mencionada altura, proyectada por un hombre de pie; duración del día y la noche y de la aurora y el crepúsculo.

Se trata de materiales de interés para ciertos problemas del culto islámico, como la determinación de las horas de la oración canónica, y se relacionan con un tipo de astronomía específicamente árabo-musulmán: el *miqat.* El interés, pues, del *Calendario de Córdoba* radica precisamente en que constituye un muestreo muy completo de las distintas tradiciones culturales que confluyen en la ciencia andalusí.

Una farmacología autóctona. Por más que pueda hablarse de farmacología andalusí anterior a la época de ᶜAbd al-Rahman III, bajo el califato de este monarca va a producirse un hecho fundamental. La gran síntesis de la farmacología helenística fue la *Materia Médica* de Dioscórides que los médicos andalusíes manejaban gracias a la traducción árabe oriental debida a Esteban, hijo de Basilio. Ahora bien, la mencionada traducción no había logrado identificar los nombres de todos los *simples,* y en muchos casos se había limitado a transcribir sus nombres griegos en caracteres árabes.

Se imponía, pues, una labor de revisión sistemática de la terminología técnica utilizada y tal trabajo pudo realizarse gracias a la llegada desde Bizancio, en el año 948 (?), de un códice griego iluminado de Dioscórides, y poco tiempo después de un monje griego llamado Nicolás, quien se encargó de montar un equipo de trabajo formado por médicos andalusíes, que llevaron a cabo la sistemática corrección de la traducción oriental antes mencionada. La actuación de este grupo supone el punto de partida de una escuela científica de botánica aplicada que tendrá una enorme importancia en al-Andalus y a la que aludiré repetidamente.

Sin salirme de este siglo debo mencionar el nombre del gran cirujano Abu-I-Qásim al-Zahrawi —el *Abulcasis* de las versiones latinas—, cuya gran enciclopedia médica, el *Tasrif,* contiene un tratado de farmacología en el que el autor utiliza técnicas avanzadas de laboratorio que derivan, proba-

blemente, de las que empleaban los artesanos y perfumistas egipcios e iraquíes. Estos, a su vez, habrían conservado métodos de trabajo de tradición mesopotámica. En esta obra, Abulcasis se ocupa también de problemas teóricos ya que, partiendo de la teoría humoral, de las cuatro cualidades terapéuticas de Hipócrates —frío, cálido, húmedo, seco— y de los grados galénicos de estas cualidades, se plantea el problema de la dosificación de los simples que deben emplearse en un medicamento compuesto.

La escuela de Maslama de Madrid. Maslama representa, dentro de la tradición astronómica andalusí, el comienzo de la etapa de madurez que fructificará, sobre todo, en el siglo siguiente. Nacido en Madrid, estudió en Córdoba, donde murió en el año 1007. Astrólogo famoso, anunció la caída del califato así como ciertos detalles de la vida política anterior a la crisis final. Aunque conservamos referencias a alguna observación estelar que llevó a cabo, su prestigio se debe sobre todo a su adaptación de las tablas astronómicas del *Sindhind,* en la versión de al-Juwarizmí que, como hemos visto, debieron de ser introducidas en al-Andalus durante el reinado de ʿAbd al-Rahmán II.

Tal adaptación, que Maslama llevó a cabo en colaboración con su discípulo Ibn al-Saffar (m. en 1034), resulta difícil de valorar, ya que la primitiva versión de al-Juwarizmí parece perdida y sólo conservamos el texto revisado por Maslama en una traducción latina del siglo XII. Con todo, parece que cabe atribuir a nuestro astrónomo el uso del meridiano de Córdoba en ciertas tablas de movimientos medios, el empleo del calendario lunar musulmán —la versión primitiva utilizaba el calendario solar persa— y la adición de ciertos materiales claramente hispánicos.

Por otra parte, Maslama y su escuela no se limitaron a trabajar sobre la tradición astronómica india representada por el *Sindhind,* sino que se introdujeron también en la astronomía ptolemaica, mucho más evolucionada. Así, sabemos que Maslama estudió el *Almagesto,* que Ib al-Saffar conocía la *Geografía* de Ptolomeo, que Ibn al-Samh —otro discípulo de Maslama— utilizó en su tratado sobre el ecuatorio parámetros numéricos derivados de Ptolomeo y de al-Battani y, mucho más importante, conservamos un comentario de Maslama al *Planisferio* ptolemaico.

Esta es una obra de carácter teórico en la que Ptolomeo estudia los fundamentos de la proyección esterográfica de una esfuera sobre un plano y constituye la base del astrolabio, que no es un instrumento de observación sino un computador analógico. En una época en la que todos los cálculos deben realizarse manualmente, el astrolabio es la regla de cálculo que tenían siempre al alcance de la mano astrónomos y astrólogos y que resolvía con rapidez, aunque sin excesiva precisión, problemas de astronomía esférica y todas las cuestiones relativas al movimiento del sol y de las estrellas fijas.

En sus comentarios, Maslama demuestra tener una clara madurez como matemático y aporta numerosas soluciones nuevas a los problemas planteados por Ptolomeo en el *Planisferio.* Por otra parte, esta obra de nuestro astrónomo supone el punto de partida de la tradición hispánica de los tratados de astrolabio. Esta sería seguida por Ibn al-Saffar e Ibn al-Samh, autores de sendos textos sobre la materia, y culminará en el tratado compuesto por los colaboradores de Alfonso X, en el que resulta patente la influencia maslamiana.

El siglo X, por otra parte, ve aparecer otras novedades en materia de instrumental astronómico. Por un lado, los primeros relojes de sol hispánicos que conservamos pertenecen a esta época, e incluso uno de ellos está atribuido a Ibn al-Saffar, atribución un tanto dudosa dada la escasa calidad de la pieza; por otro, vemos surgir en él lo que tal vez sea una invención andalusí: el ecuatorio. Para entender lo que significa este instrumento recordemos que, para calcular la posición de un planeta, un buen astrónomo necesitaba por lo menos media hora de cálculo, utilizando unas tablas astronómicas.

Para levantar un horóscopo había que calcular la posición del Sol, la Luna, su nodo ascendente y los cinco planetas conocidos. Todo ello implicaba alrededor de cuatro horas de trabajo, sin contar el que se invertía en la interpretación del horóscopo. Como resultado se tenían horóscopos muy caros. Una primera solución a este pro-



Dioscórides explica a un alumno las propiedades de una planta (ilustración de un manuscrito del siglo XIII, Biblioteca Topkapi, Estambul)

blema surgió con la invención del ecuatorio, que no es más que un conjunto de modelos planetarios, construidos a escala de acuerdo con la teoría ptolemaica, y que permitían resolver gráficamente el problema de determinar la posición de un planeta con sólo un mínimo cálculo.

Este es uno de tantos casos en que los problemas planteados por la práctica astrológica fomentaron avances en el campo de la astronomía. El ecuatorio, como el astrolabio, entrará a formar parte del utillaje habitual del astrónomo/astrólogo. Pero mientras y en tanto conocemos bien los orígenes del astrolabio, no ocurre lo mismo con el ecuatorio, las primeras menciones del cual son hispánicas. En efecto, el tratado sobre este instrumento de Ibn al-Samh es el primero conocido y los que le siguen, en los siglos XI y XII, son también andalusíes. Es posible, por ello, que el ecuatorio surgiera en al-Andalus en el siglo X.





El siglo de oro de la ciencia andalusí (siglo XI)

Durante el siglo X la ciencia andalusí alcanza un nivel productivo y algunos científicos de esta procedencia —Maslama, Abulcasis— alcanzarán fama incluso en Oriente. Las repercusiones orientales de los logros científicos andalusíes resultarán mucho más frecuentes a partir del siglo XI. La obra del agrónomo Ibn Bassal se conocerá en el Yemen donde, a mediados del siglo XIV, el soberano al-Malik al-Afdal dispondrá de una versión más completa de su trabajo de agricultura que la que ha llegado hasta nosotros.

Los ejemplos de esta índole pueden multiplicarse, pero me limitaré a señalar los ecos orientales de los astrolabios universales inventados en Toledo por ʿAlí ibn Jalaf y Azarquiel. La azafea de este último —en sus dos versiones, completa y simplificada— fue bien conocida en el Próximo Oriente. Allí a finales del siglo XIV y principios del XV, aparecerán desarrollos de la versión simplificada del instrumento, que serán utilizados por los astrónomos del observatorio de Estambul en el siglo XVI. Se trata de computadores analógicos con usos similares a los del astrolabio, pero susceptibles de ser utilizados para cualquier latitud: el astrolabio convencional utiliza una lámina distinta para cada latitud.

El nivel científico andalusí se elevará de manera considerable tras la crisis política de 1031, que no implicará en modo alguno una crisis cultural. Surgirán dos centros científicos de categoría: en Zaragoza y, sobre todo, en

Toledo, pero a medida que Alfonso VI acentúe sus presiones sobre esta segunda ciudad, el centro de gravedad de al ciencia andalusí se desplazará al reino abbasí de Sevilla. Por otra parte se acentúa el grado de orientalización de la cultura andalusí, y la cultura mozárabe superviviente —revisión del *Libro de las Cruces,* uso de fuentes latinas por los agrónomos— es puramente residual.

En esta época los estudiantes creen poder adquirir una formación adecuada sin necesidad de llevar a cabo el tradicional viaje a Oriente y se refuerza, por ello, de forma notable, el papel de las *escuelas* locales. Basándose en los diccionarios biográficos de esta época, se han llevado a cabo estudios estadísticos que muestran que, en el siglo X, un 25 por 100 de los musulmanes del Valle del Ebro que viaja lo hace a Oriente, mientras que en el siglo XI, la proporción se reduce al 11 por 100. Pese a ello, el viaje de estudios sigue teniendo importancia y algunos contactos —como los que algún científico de esta época tuvo en El Cairo con el máximo tratadista de óptica de la Edad Media, Ibn al-Haytham/Alhazén— son enormemente significativos.



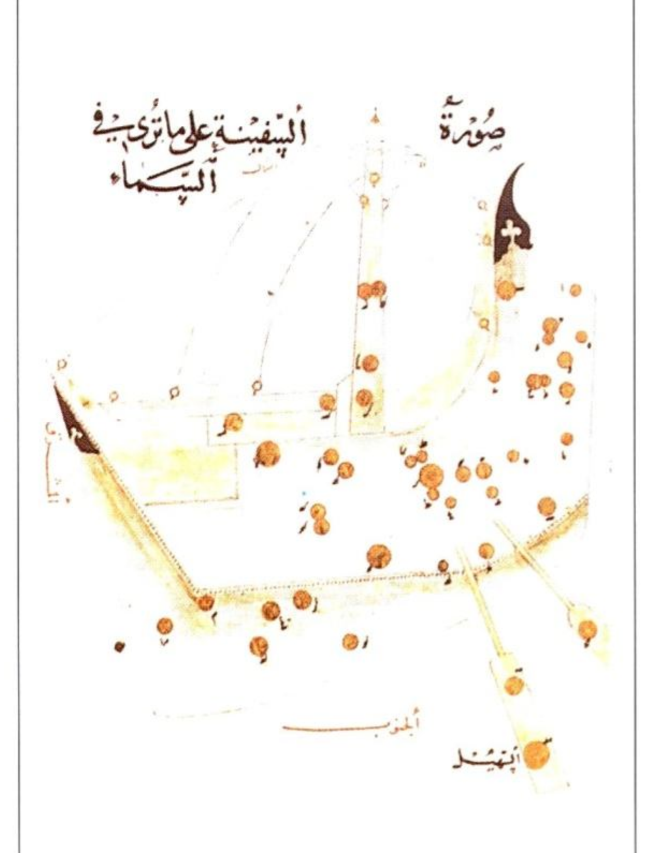


Anversos y reversos de dos astrolabios árabes medievales

Una de las características más notables de este siglo XI, puesta de relieve en investigaciones llevadas a cabo durante los últimos años, es el desarrollo de las matemáticas, gracias sobre todo a la obra de tres personajes. El primero de ellos es el rey Yusuf al-Mu'taman (1081-85), de la taifa de Zaragoza, de cuya obra matemática se han descubierto cuatro fragmentos muy recientemente. Los textos hallados muestran, por parte del monarca, conocimientos serios de la mejor bibliografía en materia de matemáticas superiores (Euclides, Arquímedes, Apolonio, Menelao de Alejandría, Teodosio de Trípoli, Ptolomeo, Thábit ibn Qurra, los hermanos Banu Musa e Ibn al-Haytham), así como aportaciones originales. La obra de al-Mu' taman fue introducida en Egipto por Maimónides y sus discípulos y era conocida en Bagdad en el siglo XIV.

La revolución trigonométrica

Una orientación similar parece ser la seguida por el segundo matemático al que he aludido, Ibn al-Sayyid, maestro del gran filósofo Avempace, que radactó su obra —que sólo conocemos a través de citas indirectas— en Valencia entre 1087 y 1096. Este autor realizó investigaciones en materia de aritmética superior y en geometría



siguiendo, en este segundo caso, la tradición de las *Cónicas* de Apolonio, y se dedicó al estudio de las propiedades de las curvas de grado superior a dos que no son secciones cónicas.

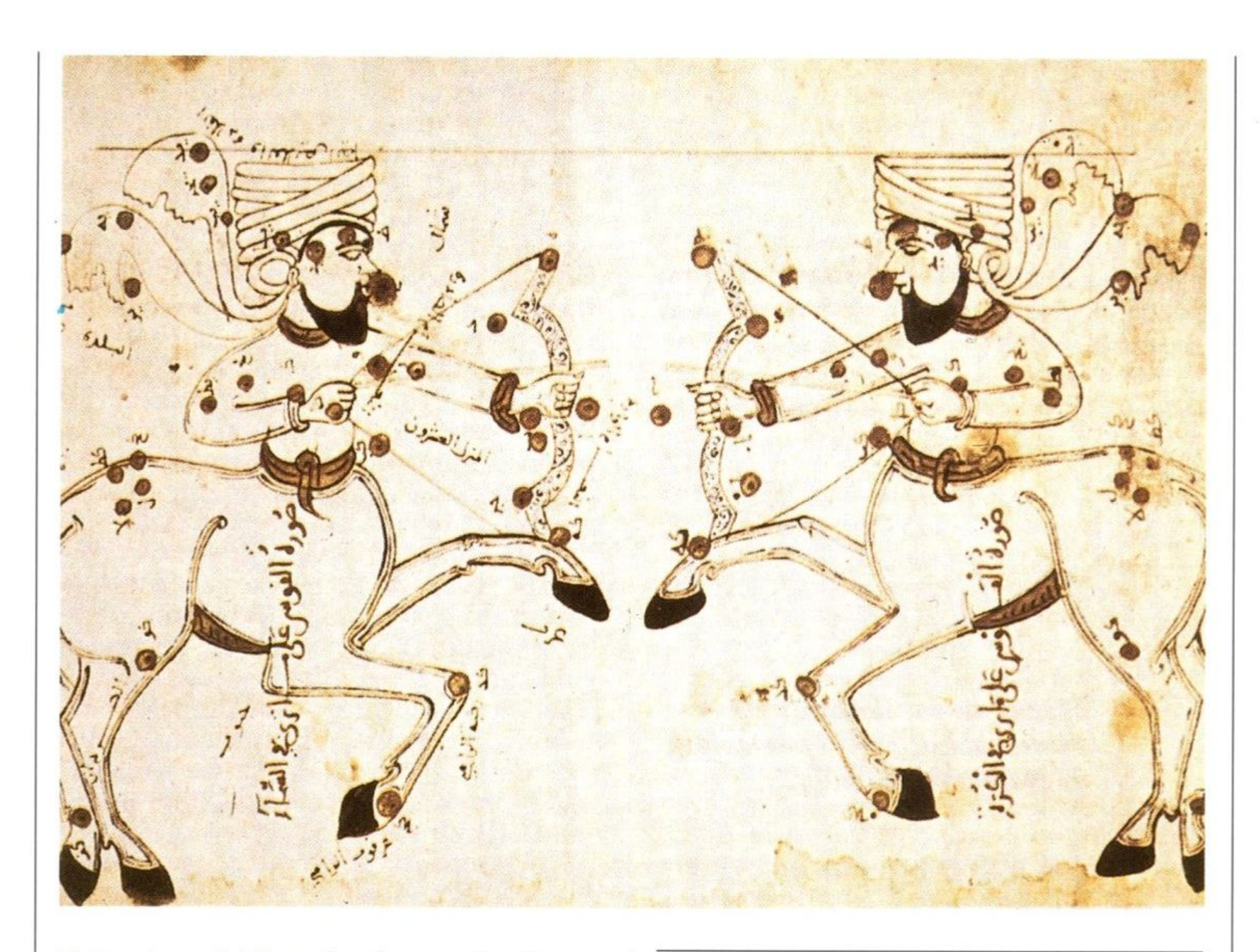
No obstante, el matemático mejor conocido en esta época es Ibn Mᶜadh al-Djayyani (h. 989-m. después de 1079), astrónomo y alfaquí de Jaén, autor de un tratado interesantísimo sobre el concepto de *razón* matemática tal como la expone Euclides en el libro V de los *Elementos*. En fecha más reciente se ha dado a conocer el llamado *Libro sobre las incógnitas de los arcos de la esfera* que es, sin duda, el tratado de trigonometría esférica más antiguo del Occidente medieval y el primer texto de esta procedencia en el que la trigonometría esférica se trata independientemente de la astronomía. De hecho esta obra supone el primer reflejo, en el Occidente islámico, de la *revolución trigonométrica* que surge en Oriente a fines del siglo XI, y cuyas primeras manifestaciones aparecen en las obras de matemáticos orientales bien conocidos, como Abu Nasr Mansur, Abu-l-Wafa' al-Buzdjani, al-Judjandi, al-Biruni y otros.

Los principales logros de esta *revolución* son la sustitución del único util trigonométrico al alcance de los autores griegos como Ptolomeo —el teorema de Menelao— con el que podían resolverse triángulos esféricos mediante las relaciones existentes entre seis *cantidades* —arcos o ángulos— en dos triángulos esféricos. Este engorroso teorema es sustituido, gracias a los esfuerzos de los matemáticos antes citados, por relaciones entre sólo cuatro cantidades en un único triángulo esférico. El libro de Ibn Muᶜadh introduce una serie de siete teoremas —entre los que se encuentran el teorema de los senos, la regla de las cuatro cantidades, el teorema del coseno y el teorema de las tangentes— que son nuevos en al-Andalus y gracias a los cuales puede resolverse con toda facilidad cualquier tipo de triángulo esférico.

Ciertos datos en el texto del *Libro de las incógnitas* hacen pensar en la posible influencia directa de matemáticos orientales cuyas obras pudo conocer Ibn Muᶜadh durante su estancia en Egipto (1012-1017), pero esta obra contiene asimismo novedades como la resolución de un triángulo recurriendo a un triángulo polar, de forma independiente de la utilizada en Oriente por Abu Nasr. Recientemente se ha sugerido una posible influencia de esta obra de Ibn Muᶜadh en matemáticos europeos del siglo XV, como Regiomontano.

Por otra parte, el *Libro de las Incógnitas* contiene asimismo una tabla de tangentes calculada para un radio = 1 —lo corriente en la Edad Media islámica es utilizar valores de las tangentes y cotangentes 12 veces superiores a los que se utilizan actualmente—, en la que resulta curiosísimo constatar que se ha utilizado un procedimiento de interpolación cuadrática para el cálculo de ciertos valores de las tangentes de ángulos comprendidos entre 89º y 90º. El mismo procedimiento de interpolación es utilizado por Ibn Muᶜadh en su *Libro sobre los crepúsculos,* en el que nuestro autor presenta un curioso procedimiento para calcular la altura de la atmósfera —que estima en unas 50 millas— que tuvo notables ecos en astrónomos orientales de los siglos XIII y XIV y también en Europa hasta la época de Kepler.

Esta renovación en el campo de las matemáticas se ve, asimismo, acompa-



Ilustraciones del *Tratado sobre estrellas fijas*, de al-Sufi. La de la izquierda es una nave que representa las constelaciones (Biblioteca Nacional, París); la de arriba muestra a un doble sagitario enfrentado (Biblioteca Vaticana)

ñada por una intensificación de las investigaciones astronómicas. En este campo hay que señalar, en primer lugar, que sigue predominando la influencia de la tradición india del *Sindhind* tal como queda manifiesto en las *Tablas de Jaén* compuestas por el propio Ibn Mu^{c}adh, así como en las famosísimas *Tablas de Toledo.* Estas últimas debieron ser iniciadas por un equipo de astrónomos dirigidos por el cadí Sá^{c}id de Toledo (m. 1070) y terminadas por Azarquiel (1029-1100), el astrónomo andalusí más importante de todos los tiempos. Pese a su fama, estas tablas no parecen haber sido el resultado de un proyecto muy ambicioso, sino que éste se limitaba probablemente a compilar una colección de tablas y adaptarlas a las coordenadas de Toledo, utilizando —en una mínima parte— materiales derivados de la observación, y mayoritariamente procedentes de al-Juwarizmí y al-Battani.

La obra de Azarquiel

Mucho más interesante que las *Tablas de Toledo* es la labor que Azarquiel llevó a cabo sobre la teoría solar, resultado de veinticinco años de observaciones que realizó en Toledo, primero, y más tarde en Córdoba. Este trabajo dio como resultado un libro que desgraciadamente se ha perdido, pero del que conocemos sus líneas generales gracias a citas indirectas del propio Azarquiel y de autores posteriores. En esta obra Azarquiel diseñaba un modelo geométrico solar bastante complejo, cuyos ecos llegan a Copérnico, que pretende justificar las variaciones en la excentricidad solar —distancia entre el centro de la Tierra y el centro de la órbita del Sol— desde la época de Hiparco de Rodas (s. II a. C.) hasta su propio tiempo.

Por otra parte, en esta obra Azarquiel publicaba también su descubrimiento del movimiento propio del apogeo solar —punto de la órbita solar más alejado del centro de la Tierra—, que estimaba en 1º en 279 años, equivalente a 12.9" por año, muy próximo a los 11.8" por año que es el valor que actualmente se acepta. Con ello culminaba un proceso en la evolución de las

ideas sobre el tema, ya que Ptolomeo creía en la inmovilidad del apogeo solar, lo que fue corregido por los astrónomos árabes a partir de las observaciones llevadas a cabo en Bagdad y Damasco bajo el califa al-Ma'mún (h. 830). Surgió entonces la idea de que el apogeo solar, como los apogeos planetarios, está sometido al movimiento lento de la precesión (1) de los equinoccios (unos 50" por año). Sólo con Azarquiel se corrigió esta teoría y se estableció que el apogeo solar se desplaza más rápidamente aún puesto que, para obtener su posición, hay que sumar al valor de la precesión el de su movimiento propio.

Otro campo de investigación teórica, pero indudablemente relacionado con observaciones solares y estelares al que se dedicó Azarquiel, se encuentra representado en su *Tratado sobre el movimiento de las estrellas fijas.* En él se ocupa del fundamental tema de la velocidad de precesión de los equinoccios. Debido a su creencia en la precisión de las observaciones llevadas a cabo por astrónomos de la Antigüedad, los astrónomos árabes la consideraban variable y diseñaban modelos geométricos con los que pudieran justificarse las variaciones en el valor de la precesión. Azarquiel diseña uno de estos modelos, siguiendo las pautas indicadas en el *Libro sobre el movimiento de la octava esfera,* de autor desconocido, y le añade —de forma un tanto artificial— un segundo modelo que justifica las variaciones —reales— de la oblicuidad de la Eclíptica —ángulo que forman Eclíptica y Ecuador, que está sometido a una disminución secular—. Los modelos de Azarquiel fueron reelaborados por los astrónomos de Alfonso X e influyeron notablemente en el Norte de Africa en la Baja Edad Media.

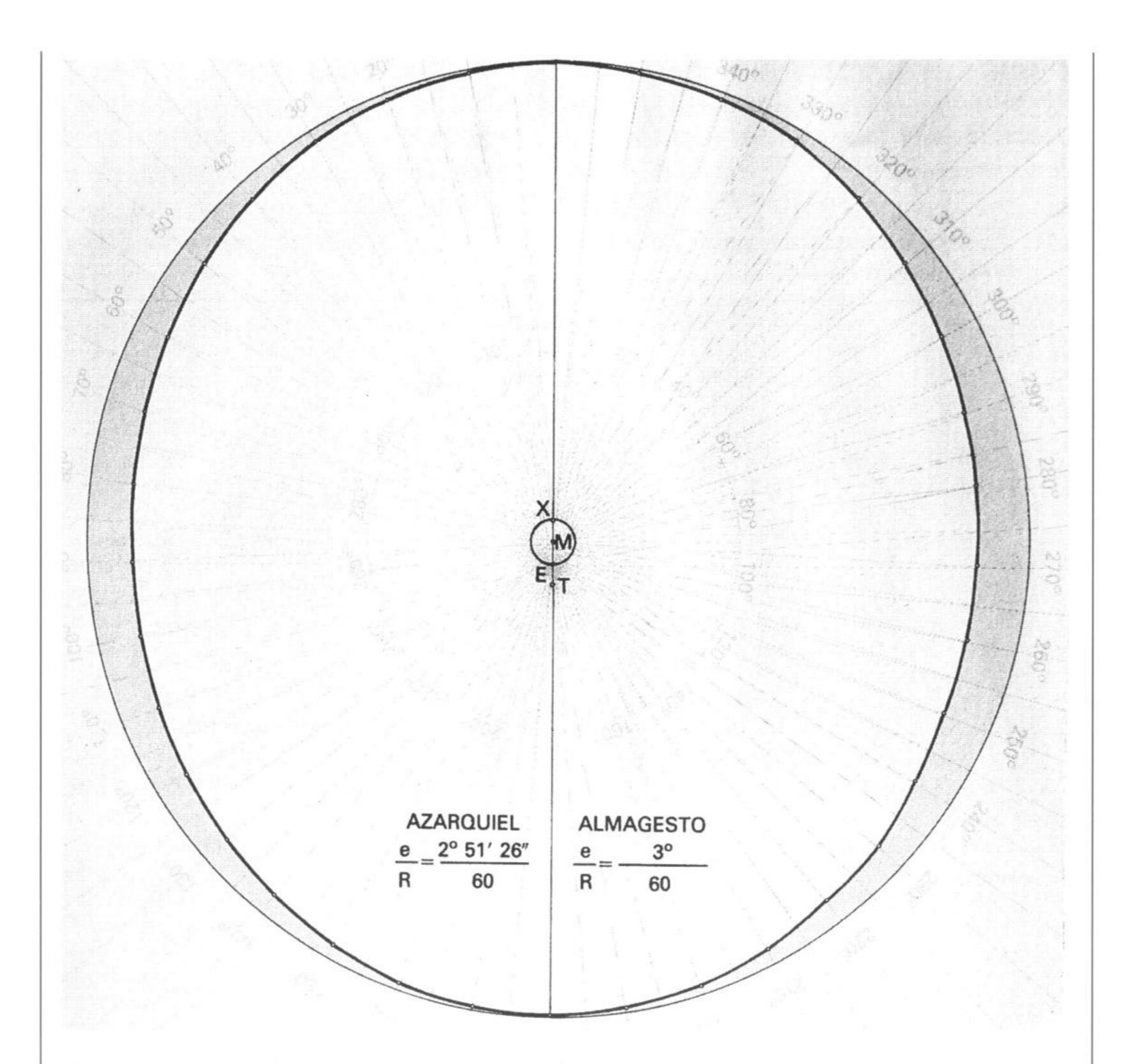
Al hablar del siglo X he suscitado el tema de las repercusiones que los intereses de los astrólogos tuvieron en el desarrollo de la astronomía con la aparición de los ecuatorios, de los que el de Ibn al-Samh es el primero conocido. También Azarquiel se sintió atraído por esta temática y escribió un tratado sobre la construcción y otro sobre el uso del ecuatorio, en el que perfeccionaba el instrumento de su predecesor e introducía ciertos parámetros numéricos nuevos que hacen pensar en la posibilidad de que hubiera realizado observaciones planetarias.

Por otra parte, al ocuparse de la lámina que representa a escala el modelo planetario de Mercurio, se enfrenta con un problema nuevo: el deferente (2) —no la órbita— de Mercurio no es un círculo, como en el caso de los restantes planetas, sino una curva cerrada próxima a una elipse, resultado de la composición de dos movimientos circulares. Los astrónomos eran conscientes de ello desde la época de Ptolomeo, pero jamás se habían atrevido a representarlo, ya que ello implicaba romper con uno de los postulados básicos de la astronomía ptolemaica: representar los movimientos celestes utilizando exclusivamente movimientos circulares y uniformes. En cambio, Azarquiel describe y dibuja el deferente de Mercurio como una figura ovalada, con lo que constituye el primer caso de un astrónomo que rompe, tímidamente, con una astronomía de círculos —Ptolomeo— para avanzar hacia una astronomía de elipses —Kepler—.

Finalmente, Azarquiel introduce una novedad más, relacionada asimismo con el problema de facilitar a los astrólogos el cálculo de las posiciones planetarias, al adaptar y poner al día un almanaque griego que puede fecharse entre los años 250 y 350 de nuestra era. Los almanaques, probablemente de origen helenístico, habían caído en desuso, pero resultaban muy útiles ya que permitían determinar posiciones planetarias prácticamente sin cálculo, al utilizar determinados períodos anuales —los llamados *años límite* descubiertos por la astronomía babilonia— al cabo de los cuales las longitudes de los planetas se repetían en las mismas fechas del año solar. El almanaque de Azarquiel es el primero de esta índole que fue conocido en Occidente y tuvo una enorme influencia en la Baja Edad Media europea.

Avances tecnológicos

Si se ha hablado, hasta ahora, de los logros del siglo XI en materia de matemáticas y astronomía, debo señalar también la existencia de un tercer campo en el que se producen avances importantes: el de la tecnología. En los últimos años se ha descubierto un tratado de mecánica en el que se describe la manera de construir distintos mode-



Corrección de Azarquiel a Almagesto sobre los tránsitos de Mercurio respecto al Sol (ilustración de un manuscrito del siglo XV. Biblioteca Topkapi, Estambul)

los de autómatas. Su autor, del que sólo conocemos el nombre, es un tal Ahmad o Muhammad ibn Jalaf al-Muradi. El texto tiene no sólo el interés de demostrar la existencia de una tradición andalusí en el campo de la mecánica, sino que también permite constatar que el único manuscrito conocido fue copiado en la corte de Alfonso X de puño y letra de Rabiçag —Isaac ben Sid—, el principal colaborador científico del monarca castellano. Mucho mejor conocida es la tradición agronómica que se desarrolla, primero, en Toledo, bajo la protección del rey al-Ma'mún y, más tarde, en Sevilla, donde reinan los abbasíes.

Vemos así aparecer una importante escuela de agrónomos formada por un cierto número de personajes cuya cronología no resulta segura en todos los casos, pero cuyas actividades en su conjunto se extienden a lo largo de unos cincuenta años (1060-1115). Los nombres a retener son los de Ibn Wáfid (999-1074) e Ibn Bassal, ambos toledanos, Abu-I-Jayr e Ibn Hadjdjadj, de Sevilla, y al-Tig-narí quien, tras haber estudiado en Sevilla, se estableció en Granada. Debiera añadirse a esta lista el nombre de Ibn al-ᶜAwwam, que vivió más tarde —su obra se fecha entre 1100 y 1248— y es autor de la gran compilación en la que se resumen todas las aportaciones de la escuela agronómica andalusí.

Esta escuela estaba indudablemente al corriente de la mejor literatura agronómica de la época, y en su obra influye una mezcla de tradiciones (ba-

bilonia, egipcia, cartaginesa, romana y helenística) que, en su mayoría, se conocen a través de las grandes síntesis bizantinas, llamadas *Geoponika,* que habían sido objeto de traducciones al árabe. Por otra parte, los agrónomos andalusíes no perdieron nunca el contacto con las técnicas experimentales y los jardines botánicos que, iniciados en Córdoba en el siglo VIII, reaparecen en el siglo XI en Toledo y en Sevilla. Un tercer aspecto importante a señalar es el del esfuerzo teórico que llevan a cabo nuestros agrónomos, que intentan convertir la agronomía en una verdadera ciencia. Para llevar a cabo este proyecto, los autores andalusíes se apoyan en otras dos disciplinas mucho más desarrolladas: la botánica y la farmacología por una parte, y la medicina por otra.

La primera de estas dos disciplinas alcanza su máxima expresión en la obra del llamado *Botánico Anónimo,* que debió de escribirse en el siglo XI o en el XII, en la que aparece un buen ensayo de clasificación taxonómica de las plantas en géneros, especies y variedades que supera con mucho los sistemas de clasificación al uso entre los botánicos desde la época de Aristóteles y Teofrasto. Por más que no se encuentran ecos del *Botánico Anónimo* en los agrónomos andalusíes, hay que señalar que éstos demuestran estar muy interesados por el problema de la clasificación de los vegetales. Un buen ejemplo lo constituye Ibn Bassal, el cual afirma que el injerto sólo puede realizarse entre plantas de la misma naturaleza, y nos ofrece por ello un esquema de clasificación de las plantas por familias. Pueden encontrarse esfuerzos similares en la obra de Ibn al-ᶜAwwam.

La medicina, como la botánica, parece encontrarse relacionada con la agronomía desde los mismos orígenes de esta disciplina en al-Andalus. Se ha atribuido un tratado de agronomía al célebre médico Abulcasis y, por más que esta atribución haya sido discutida en fecha reciente, no puede negarse que tanto Ibn Wáfid como al-Tignarí eran médicos. No resulta sorprendente, por ello, el que los agrónomos andalusíes hayan estructurado una teoría que parece derivar directamente de la teoría humoral hipocrático-galénica. Los cuatro humores del cuerpo humano —melancolía, flema, sangre y cólera— son sustituidos por los cuatro elementos de Empédocles —tierra, agua, aire y fuego—, reemplazando el elemento fuego por el abono.

Cada uno de estos cuatro elementos se asocia a un par de cualidades que son las de la tradición clásica —la tierra es fría y seca, el agua fría y húmeda, el aire cálido y húmedo— salvo en lo que se refiere al abono —cálido y húmedo, aunque el fuego se consideraba cálido y seco—. La teoría humoral establece que el cuerpo está sano cuando existe equilibrio entre los cuatro humores y que la enfermedad aparece como consecuencia de un deseguilibrio o predominio de uno de los humores con respecto a los otros. El mismo principio se aplica a la agricultura que instrumenta también la teoría de la complementaridad de los elementos del remedio y del cuerpo enfermo.

Los agrónomos andalusíes describen, de forma minuciosa, las mezclas (= medicamentos) que hay que aplicar en cada caso, cuya justificación teórica se da en función de las cualidades del suelo. Ya que éste es frío y seco, sólo puede fructificar si recibe calor —del sol y del aire así como del abono— y humedad —del agua—. Nuestros agrónomos elaboran una clasificación detallada de los distintos tipos de suelos y realizan serios esfuerzos para valorar tierras consideradas inutilizables hasta entonces, recurriendo al trabajo humano. Por otra parte, frente a la tradición clásica que rechaza las tierras negras, ricas en materia orgánica, los agrónomos andalusíes subrayan su interés.

Encontramos también en su obra clasificaciones realistas de los distintos tipos de agua, así como descripciones de las técnicas para su captación y explotación: *qanats* —galerías en declive que captan las aguas de la capa freática normalmente en la ladera de una montaña y las conducen hasta la superficie—, pozos, norias y otros artilugios para elevar agua. Los textos insisten en la importancia del laboreo, que permite que la tierra se ponga en contacto con el aire y el sol que la calentarán y ofrecen técnicas alternativas que tienen la misma finalidad —barbecho, rotación de cultivos—, entre las que el abono ocupa un lugar primordial.

Tenemos aquí una vez más un intento de clasificación de los distintos



Búsqueda de hierbas medicinales (miniatura musulmana s. XV, Biblioteca Nacional, París)

tipos de abono, así como fórmulas detalladas que intentan constituir la mezcla adecuada para las necesidades de cada tipo de tierra de acuerdo con el cultivo que pretende realizarse. Puede decirse que en conjunto la agronomía andalusí alcanza un elevado nivel técnico, que no será superado hasta el siglo XIX gracias al desarrollo de la química.

Resulta interesante recordar que, entre finales del siglo XVIII y mediados del XIX, se llevaron a cabo traducciones españolas y francesas de la obra de Ibn al-ᶜAwwam con la finalidad —nada erudita— de difundir técnicas de cultivo que todavía se consideraban aplicables tanto en España como en Argelia.

El aristotelismo en al-Andalus (siglo XII)

El XI es, como hemos visto, el siglo de oro de la ciencia andalusí pero le seguirá el XII, que marca el comienzo de una lenta decadencia. Los intentos de unificación política bajo los almorávides (1091-1144) y almohades (1147-1232) no implican, en todos los casos, una protección de las actividades culturales por más que los filósofos más famosos —Avempace/Ibn Badjdja, Ibn Tufayl y Averroes/Ibn Rushd— hayan sido médcos de los califas almohades y hayan llevado a cabo una tarea investigadora bajo su protección. Se trata de un período largo durante el cual, bajo los almorávides, la influencia de los alfaquíes no facilita la investigación en materia de astronomía, por ejemplo.

Por otra parte brota un sentimiento de antimozarabismo y de antiarabismo que sólo surgió en raras ocasiones durante la etapa posterior, bajo los almohades. Los judíos se ven obligados a escoger entre convertirse al Islam y exiliarse. Con frecuencia los científicos se ven obligados a partir: así le sucede por ejemplo a Maimónides, que vive en Egipto desde 1166 hasta su muerte en 1204. Podemos mencionar otros ejemplos como el de Abu-I-Salt Umayya al-Daní (h. 1067-1134) cuya estancia, poco afortunada, en Egipto (1095-1112) motivó el que escribiera ciertos comentarios desdeñosos acerca de los conocimientos de los astrónomos y

médicos egipcios. La llegada de los almorávides parece también haber sido la causa del viaje a Oriente de Abú Hámid al-Garnati, autor de un tratado cosmográfico en el que nos ofrece materiales de *miqat* —astronomía aplicada al culto— al uso en el Tabaristán.

Ciertos desarrollos científicos de esta etapa parecen continuar tendencias del siglo anterior. Desde el siglo X, tanto la botánica como la farmacología árabes siguen las huellas de Dioscórides, pero a veces encontramos novedades. El médico judío Ibn Buklárish, autor de principios del siglo XII, escribe un tratado de farmacología en el que la materia médica se presenta en cuadros sinópticos, a la manera de otros autores orientales. Por otra parte, como Abulcasis, se interesa por un tema que también tratará Averroes y que deriva de al-Kindí: el de calcular el grado de un medicamento compuesto por simples con cualidades y grados distintos.

No obstante, en la mayor parte de los casos, la farmacología andalusí se interesa por los mismos problemas que ya habían sido planteados en los siglos anteriores. Avempace, autor de una lista de adiciones a la *Farmacología* de Ibn Wáfid, escribe sobre la clasificación de las plantas; Maimónides se cuestiona sobre terminología botánica, tema que había constituido el punto de partida de los trabajos, realizados en Córdoba, para revisar la traducción árabe de Dioscórides.

Otros autores, como al-Gafiqí y Abú I-ᶜAbbás al-Nabatí (h. 1166-1240), preparan la gran obra de síntesis que será realizada, en el siglo siguiente, por Ibn al-Baytar. Escriben tratados de farmacología de carácter enciclopédico en los que pretenden reunir los materiales de Dioscórides, Ibn Djuldjul y la tradición posterior, juntamente con su aportación personal, relacionada evidentemente con las plantas que pueden hallarse en la Península. Durante esta etapa aparecerá también, probablemente, la gran síntesis agronómica de Ibn al-ᶜAwwam.

El espíritu de observación no está, por tanto, totalmente ausente de esta ciencia andalusí del siglo XII; ni siquiera de los espíritus con orientación más teórica como Averroes (1126-1198), cuyo interés por la observación de la naturaleza ha sido subrayado repetidamente. Se ha señalado asimismo que, en su síntesis médica —las *Kullyyat* o *Colliget* de las traducciones latinas— se observa una cierta originalidad en la presentación de los materiales y que no duda en corregir a sus fuentes ni en emplear argumentos basados en la observación. Parece que se interesó por ciertas observaciones astronómicas elementales como la que llevó a cabo con la estrella Shuhayl —Cánope— en Marrakech, en 1153.

En efecto, al resultar esta estrella invisible desde la Península Ibérica pero visible desde Marrakech, Averroes apoyó en su observación un célebre argumento aristotélico acerca de la redondez de la Tierra. Mayor interés tienen las observaciones de manchas solares que se atribuyen a Averroes y a Avempace, que fueron interpretadas por los dos autores como tránsitos de Mercurio y Venus por delante del Sol. Esta interpretación implica por parte de ambos una toma de postura a caballo entre Ptolomeo y Djábir ibn Aflah en lo relativo al problema, muy discutido en al-Andalus en el siglo XII, del orden de las esferas planetarias.

En efecto, Ptolomeo justificó, por una parte, la ausencia de tránsitos de Venus y Mercurio por delante del Sol, debido al hecho de que los dos planetas inferiores no cruzan la línea que une nuestra vista con el Sol. Tema éste que fue seriamente discutido, con razón, por Djábir ibn Aflah y por al-Bitrudji. Por otra parte, Djábir postuló un nuevo orden de las esferas planetarias al situar a Mercurio y Venus por encima del Sol. Además de la falta de tránsitos, su argumento fundamental es que estos dos planetas carecen de paralaje (3) sensible a pesar de encontrarse, en el sistema ptolomaico, más próximos a la Tierra que al Sol. Al-Bitrudji, por su parte, propone el orden Luna-Mercurio-Sol-Venus y rechaza el argumento de los tránsitos, ya que considera que Mercurio y Venus tienen luz propia, lo que implica que cualquier tránsito resultaría invisible.

La *Corrección del Almagesto* de Djábir ibn Aflah es una obra clave en el desarrollo de la astronomía *ortodoxa* del siglo XII andalusí. Se trata de un libro escrito por un teórico que critica ciertos aspectos del *Almagesto* como, por ejemplo, el hecho de que Ptolomeo no demuestre su bisección (4) de la ex-

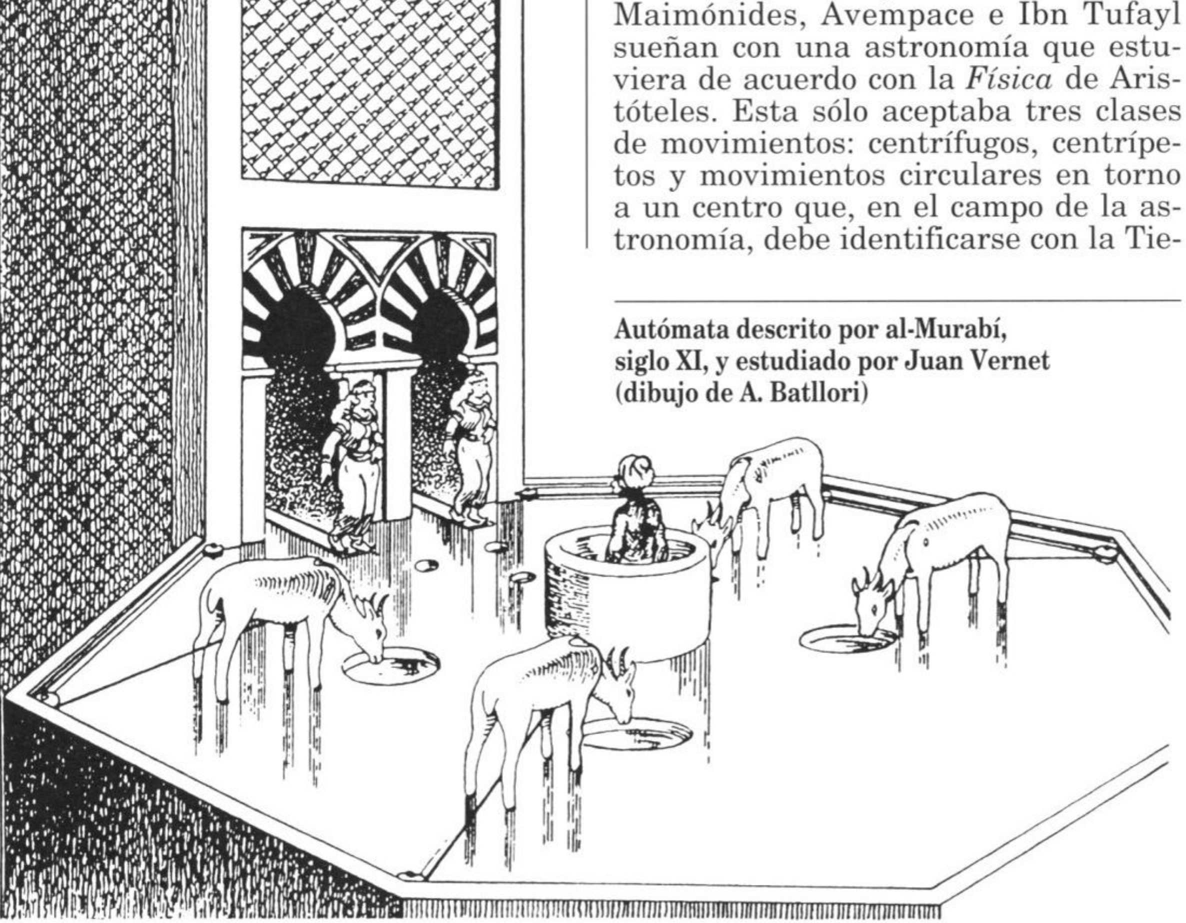
centricidad planetaria. Por otra parte Djábir describe en su obra dos instrumentos de observación que son quizás antecedentes del *torquetum* y contribuyen a la difusión europea de la nueva trigonometría, ya introducida en Al-Andalus en el siglo precedente gracias a Ibn Muᶜadh, al utilizar la *regla de las cuatro cantidades* y los teoremas del seno, del coseno y de Geber.

Vieja y nueva astronomía

La *Corrección del Almagesto* fue bien conocida en Europa gracias a la traducción latina de Gerardo de Cremona y a dos traducciones hebreas y se la cita con frecuencia a partir del siglo XIV. Pese a ello, la *explotación* europea de esta parte de la obra parece documentada antes, ya que los astrónomos de Alfonso X utilizan, con toda competencia, hacia 1280, la serie de teoremas trigonométricos enunciados por Djábir. Por otra parte esta obra fue introducida en Egipto en el siglo XII por José ben Yehudá ben Shamᶜún, discípulo de Maimónides, y era conocida en Damasco en el siglo XIII.

En el campo de la astronomía *ortodoxa* sólo tengo que añadir otros dos nombres: el de Abú Salt de Denia y el de Ibn al-Kammad. El primero escribió sobre el astrolabio y sobre el ecuatorio, siendo su obra sobre este segundo instrumento el tercer texto, cronológicamente, de esta índole que ha llegado hasta nosotros, después de los escritos por Ibn al-Samh y Azarquiel. Parece tratarse de un desarrollo del instrumento de este último autor, pero los parámetros utilizados en el texto son ptolemaicos. Ibn al-Kammad, por su parte, es posiblemente un discípulo directo de Azarquiel y elabora unas tablas astronómicas en las que aparece una clara influencia de las investigaciones solares de su maestro.

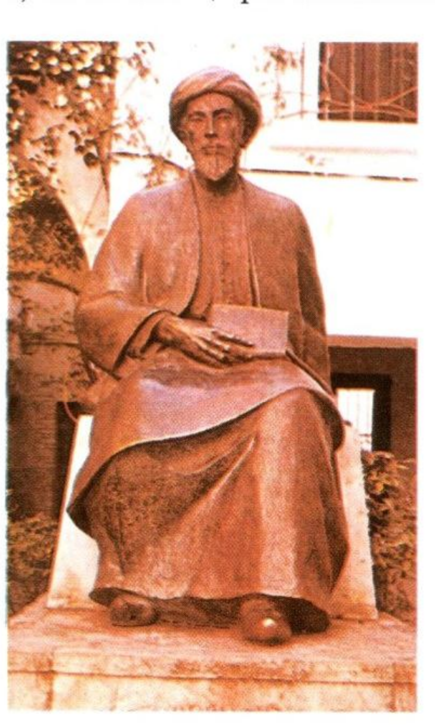
Este desarrollo un tanto pobre de la astronomía matemática, tras el esplendor del siglo XI, queda compensado en cierto modo por el nacimiento de una astronomía *física* que no parece haber sido cultivada en al-Andalus con anterioridad. Nos encontramos en un siglo dominado por los filósofos aristotélicos y personajes como Averroes, Maimónides, Avempace e Ibn Tufayl sueñan con una astronomía que estuviera de acuerdo con la *Física* de Aristóteles. Esta sólo aceptaba tres clases de movimientos: centrífugos, centrípetos y movimientos circulares en torno a un centro que, en el campo de la astronomía, debe identificarse con la Tie-



Autómata descrito por al-Murabí, siglo XI, y estudiado por Juan Vernet (dibujo de A. Batllori)

rra. Esto implica un rechazo de la astronomía ptolemaica, basada en excéntricas y epiciclos, así como un deseo de volver a un sistema de esferas homocéntricas (5).

Los cuatro autores que acabo de citar aceptaban, en ciertos matices, las ideas anteriores pero no está claro que tales ambiciones llegaran nunca a ponerse en práctica: los textos que hemos conservado de estos filósofos no superan las grandes declaraciones de principios. Averroes es consciente de este hecho y su caso resulta particularmente curioso, ya que, como se ha demostrado recientemente, aceptaba la astronomía ptolemaica en 1174 y la empezó a rechazar en una fecha indeterminada posterior a 1186, en un momento en el que reconoce que jamás vivirá lo suficiente para llevar a cabo las investigaciones necesarias que le permitan construir su sistema astronómico neoaristotélico.

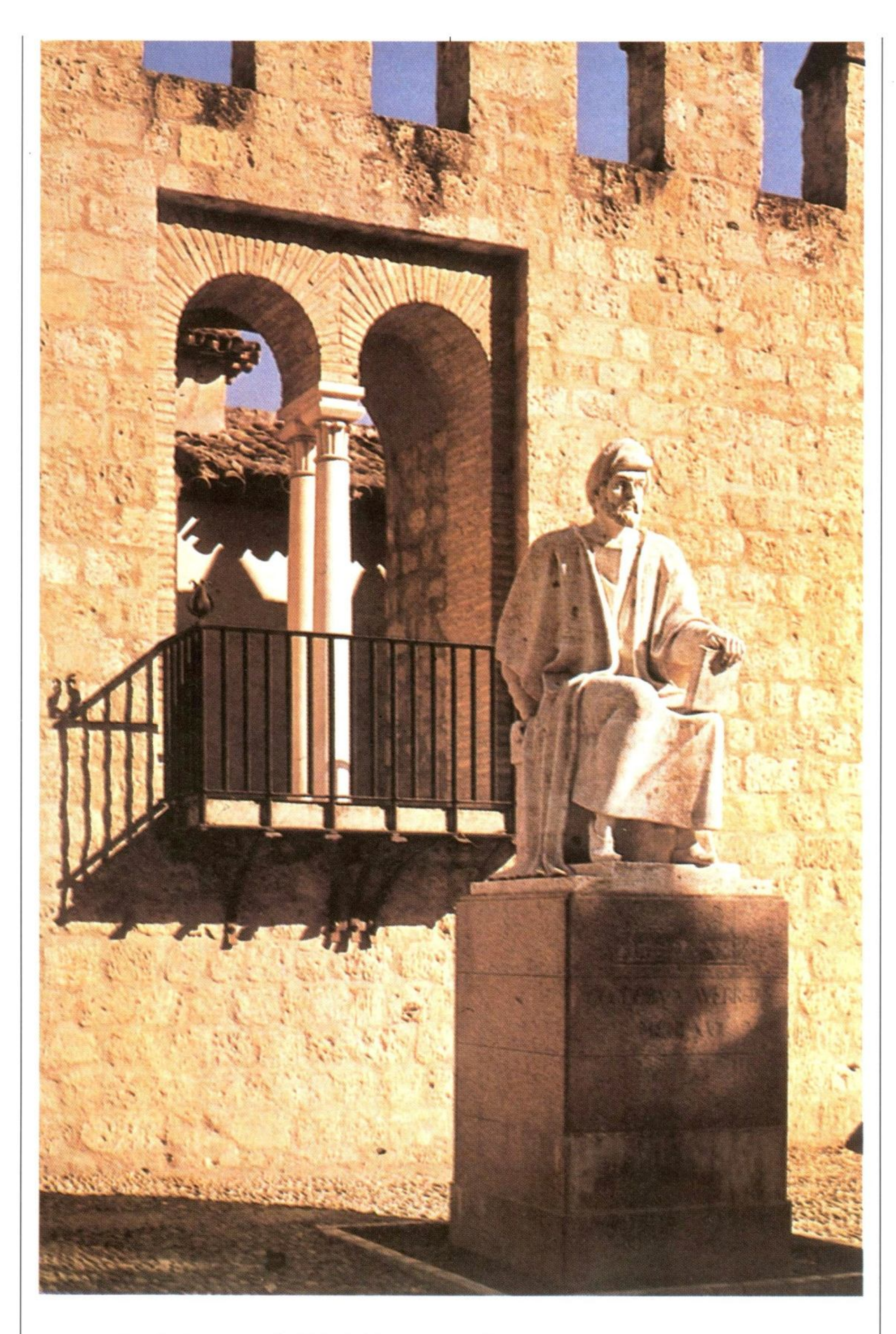


Por otra parte, estos autores que rechazan a Ptolomeo son perfectamente conscientes de las capacidades del sistema del *Almagesto* para predecir posiciones planetarias y otros fenómenos celestes con toda la precisión que la época es capaz de apreciar. De este modo Maimónides, convencido de que el universo ptolemaico no puede identificarse con el universo real, cree también que los hombres son incapaces de llegar a un conocimiento auténtico de las leyes que regulan la estructura del cosmos. Por esta razón utiliza, con perfecta competencia, la astronomía ptolemaica en su libro sobre la *Santificación de la Luna Nueva* en el que se plantea un problema particularmente difícil: el de predecir la visibilidad de la luna nueva. Parece claro que estos críticos de Ptolomeo conocen la obra del gran astrónomo griego. Avempace era capaz de predecir un eclipse de luna y al-Bitrudji alaba la precisión y la exactitud del *Almagesto,* del que derivan todos los parámetros numéricos que utiliza en su *Libro de Astronomía.*

Al-Bitrudji es el único, entre los representantes de la escuela aristotélica andalusí del siglo XII, que llega a formular un sistema astronómico embrionario, en la línea del homocentrismo de Eudoxo-Aristóteles, al que incorpora gran cantidad de aportaciones de la astronomía posterior, desde Ptolomeo hasta Azarquiel. Considera, en primer lugar, que si el origen de todos los movimientos celestes se encuentra en el Primer Motor, situado en la novena esfera, es absurdo concebir que este Primer Motor transmite a las esferas inferiores movimientos en direcciones opuestas: movimiento diurno en dirección Este-Oeste—movimiento aparente causado, en términos copernicanos, por la rotación terrestre— y movimientos en longitud en dirección Oeste-Este —movimiento aparentemente causado por la traslación de la Tierra, en el caso del Sol, al que hay que añadir, para los planetas, las traslaciones de éstos en torno al Sol.

Hay que admitir que el movimiento de la novena esfera —el más rápido, fuerte y simple de todos los movimientos— se transmite a las esferas inferiores que son tanto más lentas cuanto más alejadas se encuentran del Primer Motor. La precesión de la esfuera de las estrellas fijas y los movimientos en longitud de las esferas planetarias constituyen una especie de *retraso* o *freno* que lentifica el movimiento diurno. Nuestro autor se plantea, aquí, un problema que es incapaz de resolver: el de la transmisión de movimiento desde la novena esfera hacia las esferas inferiores.

Al-Bitrudji trata de explicar el fenómeno mediante dos metáforas que tienen el mérito de constituir esfuerzos para asimilar la dinámica terrestre a la celeste. Citará sólo la primera de ellas que, al igual que la segunda, deriva de la dinámica neoplatónica creada por Juan Filópono (siglo VI): del mismo modo que el arquero imprime a la flecha una *inclinación violenta —impetus—* que sigue empujándola incluso cuando vuela lejos de



Izquierda, estatua de Maimónides en una calle de la judería de Córdoba; arriba, estatua dedicada a Averroes en las murallas de Córdoba (por Pablo Yusti)

su motor —arco—; podemos concebir también una transmisión del movimiento entre las esferas celestes, por más que éstas no se encuentren en contacto.

El sistema astronómico de al-Bitrudji se basa, pues, en la consideración de que la esfera de las estrellas fijas es la más rápida y la de la luna, la más lenta. Nada es absolutamente original en esta concepción que tiene claros precedentes en la filosofía griega anterior y posterior a los peripatéticos y había sido recogida por autores árabes como Averroes. El movimiento de la novena esfera se transmite también al mundo sublunar donde, en la esfera del fuego, da origen a las estrellas fugaces y, en la esfera del agua, a las mareas y al oleaje. Hasta aquí he expuesto los fundamentos físicos del sistema astronómico de al-Bi-trudji, pero resultaría excesivo intentar detallar los modelos geométricos con los que pretende justificar los desplazamientos del Sol, Luna, planetas y estrellas fijas.

Baste decir que se trata de modelos homocéntricos en los que el autor emplea sistemáticamente todo el utillaje geométrico de Ptolomeo combinado con ciertas soluciones debidas a Azarquiel. En conjunto, los modelos de al-Bitrudji resultan, a veces, ingeniosos pero no pueden, en modo alguno, alcanzar la precisión de los que habían sido utilizados por la tradición ptolemaica. Por otra parte, jamás se llegó a calcular tablas con los nuevos modelos. El sistema de al-Bitrudji es puramente cualitativo y no resulta siempre coherente con sus propios principios. Aunque conoció un gran éxito entre los filósofos escolásticos, no parece haber sido tomado nunca en serio por los auténticos astrónomos.

La física

Conviene subrayar un último punto: acabamos de ver que, por más que el *Libro de Astronomía* de al-Bitrudji se encuentre seriamente influido por Aristóteles, los principios físicos que sostiene nuestro autor no se encuentran siempre de acuerdo con el autor clásico y pueden discernirse en aquél ciertos ecos de la dinámica neoplatónica. Esto se debe, tal vez, a la influencia indirecta de Avempace, representante, en al-Andalus, de esta *nueva* física frente a Averroes, gran defensor de la ortodoxia aristotélica.

Las ideas de Avempace resultan interesantes desde distintos puntos de vista: se interesa por el movimiento producido por un imán así como por el desplazamiento de un grave sobre un plano inclinado. Tiene notables intuiciones en su concepción de la fuerza motriz, en las que aparecen ciertas analogías con el concepto de inercia de la física newtoniana. Aunque no acepte la teoría del *impetus,* que —como hemos visto— era recogida por al-Bitrudji, y se muestre partidario de las ideas de Aristóteles en lo relativo a los *movimientos violentos,* defiende —contra Aristóteles— la posibilidad de un *movimiento natural* en el vacío ya que acepta la *fórmula sustrativa* que regula la velocidad de caída de un grave.

$V = P - M,$

en la que V es la velocidad de caída, P es la fuerza motriz que depende del peso (?)/peso específico (?) del grave y M es la resistencia del medio que depende, a su vez, de un peso específico (?)/densidad (?).

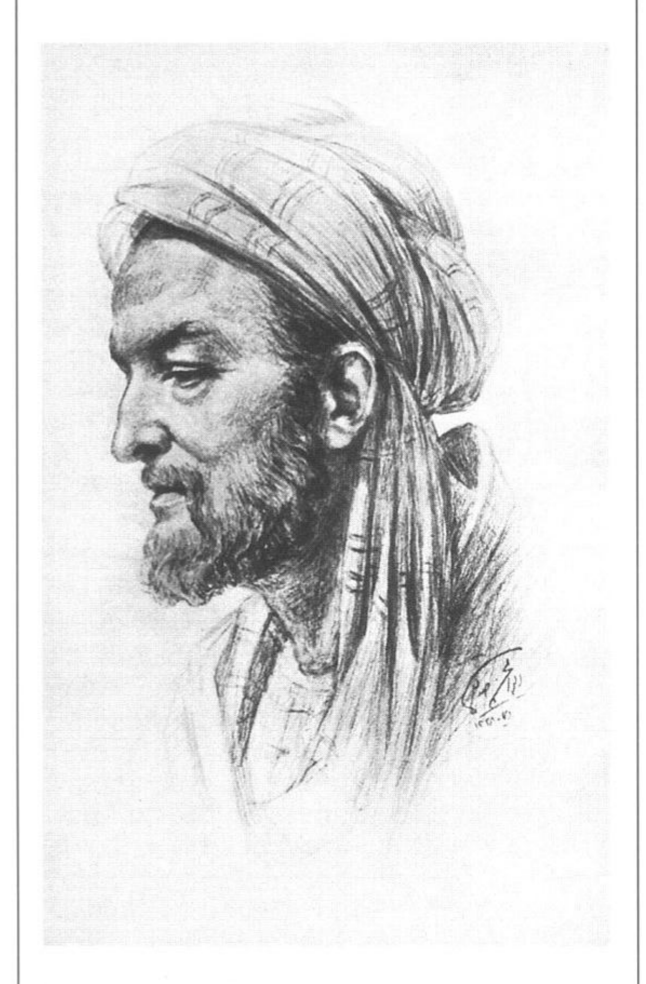
De acuerdo con esta concepción, en el vacío $M = 0$ y, entonces, $V = P,$ lo que implica que la velocidad de caída sería, simplemente, la *velocidad natural* del cuerpo relacionada, de algún modo, con su peso o con su peso específico. Por otra parte, para explicar su teoría acerca de la caída de los graves. Avempace alude al movimiento de los cuerpos celestes en el espacio vacío en el que se desplazan con una velocidad finita. Esto implica que nuestro autor concibe una dinámica universal que puede aplicarse tanto al mundo sublunar como al mundo supralunar, al contrario de lo que sucede con las dos dinámicas aristotélicas.

Estas doctrinas fueron bien conocidas en la Europa medieval e influyeron en Tomás de Aquino, Duns Scoto y otros escolásticos. Sus ecos llegaron, en el siglo XVI, a autores italianos como Benedetti y Borro, predecesores de Galileo el cual, en su etapa pisana, adoptó la fórmula sustractiva. A ella añadió con toda claridad la precisión de considerar P y M como los pesos específicos del grave y del medio, respectivamente. La consecuencia inmediata de todo esto es que dos cuerpos, con dos volúmenes diferentes pero con el mismo peso específico, caen con la mis-

ma velocidad, precisamente lo que quería demostrar Galileo en su presunto experimento de la torre de Pisa.

El Reino de Granada y su decadencia (siglos XIII-XV)

Tras la caída del Imperio almohade, al-Andalus se ve reducido al reino nazarí de Granada (1232-1492) y la decadencia que hemos visto aparecer durante la etapa anterior continuará



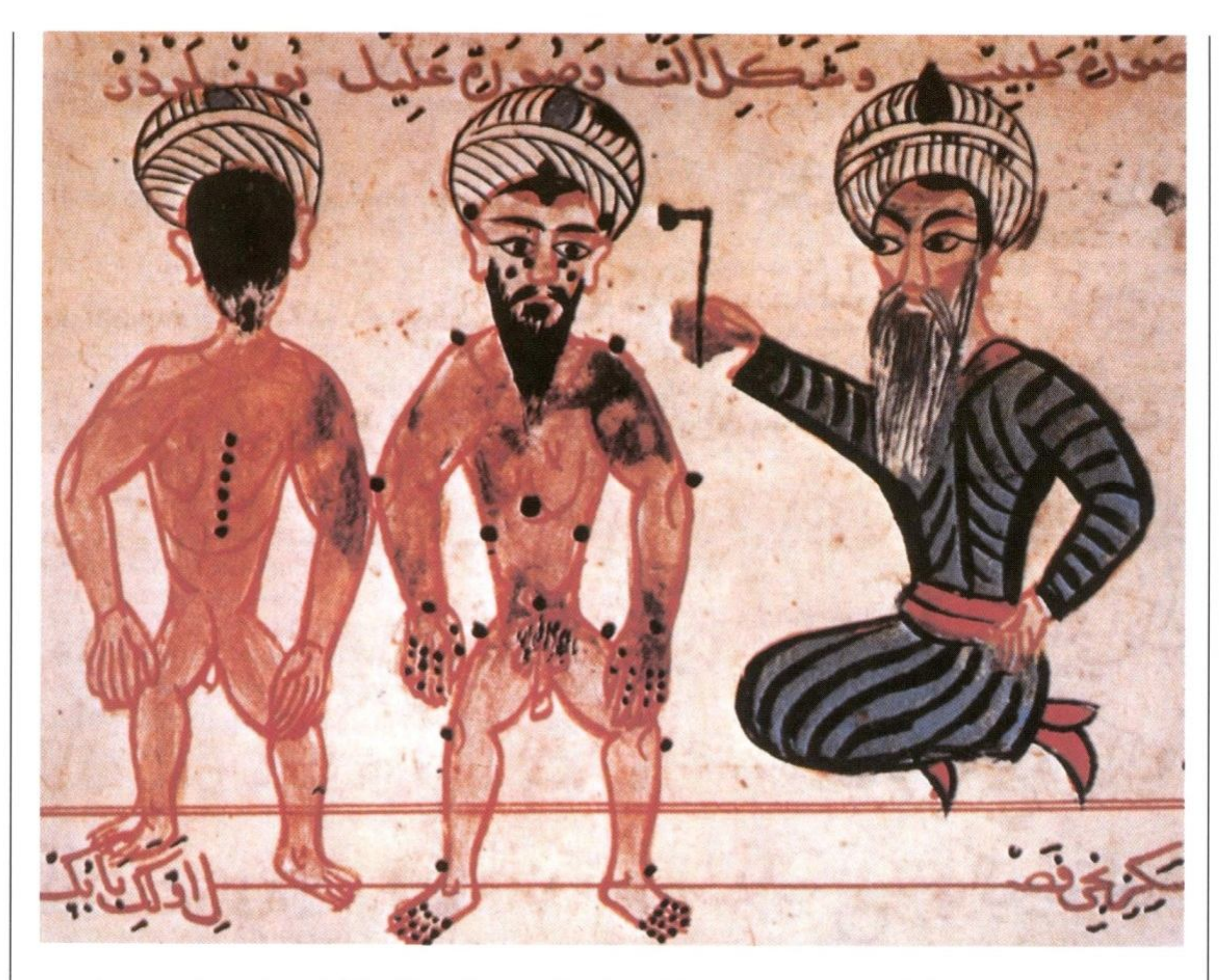
Retrato romántico iraní de Avicena

ahora de manera aún más clara. Los sabios musulmanes que se encuentren en un territorio conquistado por los cristianos cruzarán, normalmente, la frontera para instalarse en Granada o para emigrar al Norte de Africa o a Oriente. Esto tiene lugar a pesar de la política que lleva a cabo Alfonso X con el fin de retener a los científicos musulmanes tras su conquista de Murcia en 1266. Si aceptamos el testimonio del polígrafo granadino del siglo XIV Ibn al-Jatib, el rey ofrecía recompensas importantes a los hombres de ciencia que aceptaran convertirse al cristianismo. Su oferta fue aceptado por un personaje como Bernaldo *El Arábigo,* que colaboró en la revisión de la versión castellana del tratado de Azarquiel sobre la azafea, llevada a cabo en Burgos en 1278.

Un médico y matemático musulmán mucho más importante, Muhammad al-Riquti, rehusó la oferta real y partió hacia la Granada de Muhammad II. No existió, por ello, un desarrollo científico musulmán en la España cristiana por más que puedan descubrirse a veces situaciones excepcionales. En la segunda mitad del siglo XV existía en Zaragoza una *madrasa* o centro de estudios superiores, donde podía estudiarse medicina leyendo en árabe obras de Avicena tan clásicas como el *Qanún.* Por otra parte, pese a las limitaciones, existen documentos que prueban la existencia —al menos en la región de Valencia— de una cierta libertad de movimientos de la que gozaban los habitantes de la misma. Algunos de ellos viajan a Granada o cruzan el Estrecho con el fin de llevar a cabo la peregrinación o realizar viajes de estudios, y conocemos ejemplos de viajeros musulmanes que llegan a Valencia procedentes de Granada o del Norte de Africa.

Estos viajes tuvieron a veces consecuencias científicas: un alfaquí de Paterna introdujo en Valencia en 1450 un nuevo instrumento astronómico, el sexagenario, utilizado por los astrónomos de El Cairo. Se trata de un instrumento relacionado con la familia de los ecuatorios y el tratado que lo describía fue objeto de traducciones al catalán, italiano (?) y latín, con lo que tenemos aquí uno de los últimos casos conocidos de transmisión científica a través de España.

No obstante, tal como he señalado, los científicos solían cruzar la frontera. En el siglo XIII el gran farmacólogo Ibn al-Bayar partió hacia el Magrib y Egipto y murió finalmente en Damasco en 1248. En el mismo siglo el astrónomo Muhyí al-Din al-Magribí era probablemente de origen andalusí, pero trabajó en Siria y más tarde en el observatorio de Maraga. Un tercer caso notable es el del matemático al-Qalasadi, nacido en Baza en 1412 y muerto en Túnez en 1486. Por otra

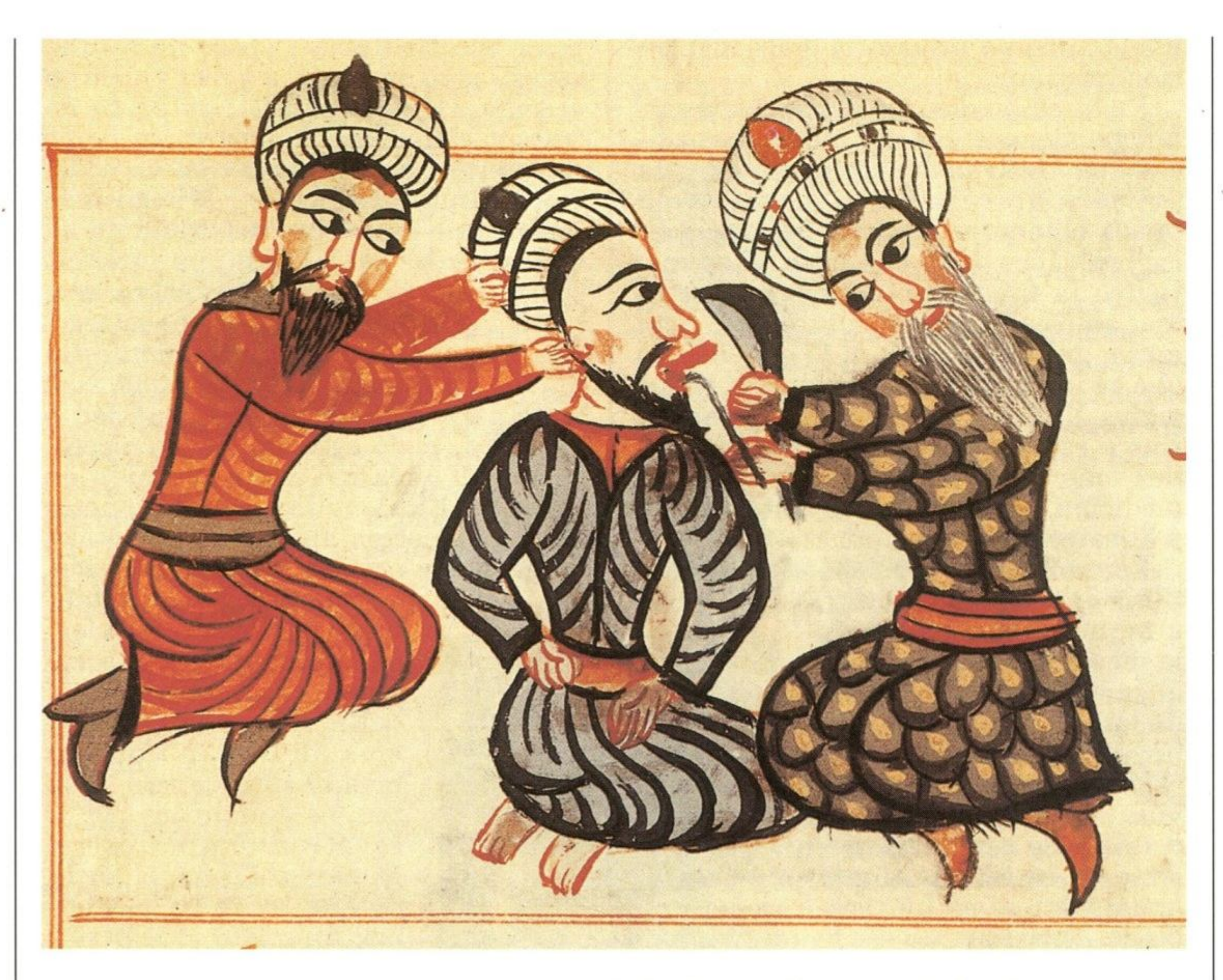


parte existen también hombres de ciencia que permanecen en Granada, la única posibilidad que les queda en la Península.

Ciertos soberanos ilustres les ofrecen un ambiente acogedor: debe subrayarse por ejemplo el caso de Muhammad II (1273-1302) que atrajo a su corte a al-Riquti, al que acabamos de mencionar, así como al matemático y astrónomo ibn al-Raqqam (m. en 1315), autor de origen andalusí que se encontraba establecido en Túnez. Con el primero tenemos el origen de una importante escuela de médicos que llega hasta Muhammad al-Shafra (m. en 1360). Ibn al-Raqqam, por su parte, enseñó matemáticas y astronomía a Abú Zakariyya Ibn Hudhayl, y enseñó al sultán Nasr (1309-1314) a calcular almanaques y a construir instrumentos astronómicos. Entre los príncipes ilustrados debe mencionarse también a Yúsuf, hermano de Muhammad II, muy aficionado a los libros de matemáticas y astronomía pero que se vio obligado a ocultar estos intereses a su padre Muhammad I (1237-1273), quien no los aprobaba.

Por otra parte, el desarrollo científico que nace en la España cristiana del siglo XIII parece haber repercutido en la Granada nazarí y disponemos de ciertos indicios del principio del fenómeno al que García Ballester denomina *reflujo de la escolástica:* introducción en al-Andalus de una cultura científica elaborada en la Europa cristiana en la Baja Edad Media sobre la base de materiales procedentes del mundo árabe. Este movimiento, que tendrá consecuencias importantes más tarde en el Norte de Africa, parece iniciarse aquí y podemos mencionar el caso de Muhammad ibn al-Hadjdj (m. 1314), nacido en la Sevilla cristiana, cuyos conocimientos de la lengua y de la cultura de los cristianos son subrayados por Ibn al-Jatib.

Este personaje —o su padre, carpintero mudéjar de Sevilla— construyó la gran noria nueva de Fez para el sultán meriní Abú Yúsuf (1258-1286). Esta noria atrajo la atención de León *El Africano,* quien la describe señalando que sólo giraba 24 veces cada día. Si este dato fuera correcto podríamos, tal vez, pensar en la posibilidad de un reloj movido por una noria como



Dos representaciones de la ciencia médica musulmana. Izquierda, cauterización de órganos enfermos (manuscrito otomano, siglo XV, de al-Din, Biblioteca Nacional, París). Arriba, extracción de una muela

el que construyó en China, en el siglo XI, Su-Sung. A la muerte de Abú Yúsuf, Ibn al-Hadjdj volvió a Granada, donde fue bien acogido en la corte de Muhammad II.

Entre la Cristiandad y el Islam

Más interesante aún resulta el caso del cirujano Muhammad al-Shafra (m. en 1360), nacido en Crevillente, Alicante, cuando esta población se encontraba bajo dominio cristiano, que aprendió la cirugía *de un gran número de excelentes prácticos en este arte manual que eran cristianos,* entre los que se encontraba un cierto maestro *Baznad* —¿Bernat?—, de Valencia. Pero el ejemplo más notable de este *reflujo de la escolástica,* aunque sea puramente hipotético, es el de la posible influencia cristiana en los orígenes de la *madrasa* andalusí que, como hemos visto, era un centro de estudios superiores. Según Ibn al-Jatib, cuando Alfonso X se encontró con al-Riquti en Murcia, le construyó una *madrasa* para que pudiera enseñar a musulmanes, cristianos y judíos; a cada grupo en su propia lengua. Muhammad II heredó la idea puesto que facilitó también a al-Riquti medios materiales para que pudiera organizar su enseñanza en Granada.

Por otra parte, Alfonso X fundó en 1254 un *stadium generale* en Sevilla, y entre los testigos el privilegio real cita a Muhammad I, rey de Granada. Todo esto constituye una cadena de acontecimientos que desembocan en la creación, en 1349, de la *madrasa* fundada en Granada por el chambelán Ridwán, que era de origen cristiano. Se trata, posiblemente, de la primera institución consagrada a la enseñanza científica en al-Andalus, ya que sabemos que en ella se enseñaba medicina. Podemos evidentemente pensar también en una posible influencia magrebí, ya que la primera *madrasa* del Magreb se fundó en la mezquita Qarawiyyín de Fez en 1271, pero cabe retener la posi-

bilidad de una influencia de la institución cristiana.

En el ambiente que acabo de describir, ¿cuáles son las disciplinas científicas que cultivan los granadinos? Una primera aproximación a este tema puede obtenerse a partir del diccionario biográfico de Ibn al-Jatib, que constituye la fuente de carácter general más importante para esta época. Este autor granadino cita a 47 personajes que se interesaron por la ciencia en los siglos XIII y XIV en el reino nazarí. Entre estas 47 biografías, las menciones más corrientes corresponden a la medicina, seguida por las matemáticas y la astronomía.

Este sondeo se corresponde bastante bien con la realidad y, aunque dejemos de lado la medicina, citaremos, en el campo de la botánica y de la agronomía, los nombres de Ibn al-Baytar (1197-1248) y de Ibn Luyún (1282-1349). Con el primero de estos dos personajes la farmacología andalusí, que no ha cesado de desarrollarse desde el siglo X, alcanza su máxima expresión: el *Tratado de Simples* de este autor describe 3.000 simples clasificados por orden alfabético y sus fuentes de información son más de 150 autores, desde Dioscórides hasta al-Gafiqí y Abú-I-ᶜAbbás al-Nabatí.

Encontramos también observaciones personales del autor, aunque representan muy poco comparadas con la gran masa de materiales derivados de una compilación pura y simple. Ibn al-Baytar, por tanto, constituye al mismo tiempo una figura cimera y el comienzo de la decadencia. No podemos decir lo mismo de la segunda figura, Ibn Luyún, ya que el papel de Ibn al-Baytar en el campo de la agronomía corresponde a Ibn al-ᶜ Awwam, al que he mencionado en el siglo anterior. La gran síntesis ya está hecha y, por tanto, no queda sino empezar a resumir: el poema didáctico sobre agricultura de Ibn Luyún es sólo un rápido sumario sin excesivo interés.

En el campo de las matemáticas sólo cabe señalar dos nombres: por una parte Ibn Badr, cuya época no resulta segura pero que parece haber vivido en el siglo XII o en el XIII, autor de un tratado elemental de álgebra en el que se interesa por la resolución de ecuaciones indeterminadas. Mucho más importante es la obra del polígrafo al-Qalasadi (h. 1412-1486) que interesa sobre todo por sus escritos sobre aritmética, álgebra y particiones sucesorias, y que aún no han sido bien estudiados en buena parte. Gracias a su viaje para realizar la peregrinación a La Meca, pudo estudiar en Tremecén, Orán y Túnez así como también en Oriente. Ello explica las influencias que en él ejercen algunos matemáticos magribíes y orientales y la aparición, en su obra, de un simbolismo algebraico incipiente, desconocido hasta entonces en al-Andalus.

Filósofo árabe, según una miniatura del siglo XI

En astronomía debemos subrayar una vez más el interés que sienten los andalusíes por la construcción de instrumentos así como el hecho de que no se ha perdido por completo el contacto con Oriente, incluso en esta etapa de decadencia. Así, Ibn Arqam al-Numayrí (m. en 1259) escribe sobre el astrolabio lineal, un instrumento, inventado por el astrolabista persa al-Tusi (m. en 1213). Este mismo Ibn al-Arqam es el autor de un tratado de hipología, el primero de una serie de textos sobre esta disciplina, que se pone muy de moda en la Granada nazarí.

Por otra parte, un cierto Ibn Bas al-Islami escribe, en 1274, un largo tratado sobre el astrolabio universal, válido para cualquier latitud, que no corresponde a la tradición de la azafea de Azarquiel.

Se trata, más bien, de un instrumento provisto de láminas, cada una de las cuales lleva la proyección de multitud de horizontes, razón por la cual se requiere que el astrolabio tenga grandes dimensiones. Este Ibn Bas es, probablemente, Hasan ibn Muhammad ibn Baso (m. en 1316), astrónomo que fue jefe de los *calculadores de la hora* —muwaqqits— de la mezquita

aljama de Granada. Su hijo, Ahmad ibn Hasan, fue también *muwaqqit* de la misma mezquita e Ibn al-Jatib elogia la habilidad de estos dos personajes para construir instrumentos astronómicos y, muy particularmente, relojes de sol.

Es muy posible que los siglos XIII y XIV conocieran, en Granada, una renovación importante en los estudios sobre gnomónica, rama de la astronomía matemática que investiga precisamente sobre relojes de sol, ya que conocemos un importantísimo tratado sobre esta materia debido a Ibn al-Raqqam (m. en 1315), demostrador de la gran competencia de este matemático y astrónomo, que aplica al estudio de los cuadrantes solares el método de los *analemma* —título de un tratado de Ptolomeo sobre el tema—, basado en proyecciones que no estaba documentado hasta este momento en al-Andalus. Este mismo Ibn al-Raqqam es, también, autor de unas tablas astronómicas, en las que parece influido por Ibn Is-haq al-Tunisí, que no han sido aún objeto de estudio, aunque todo parece indicar que si se llevan a cabo investigaciones serias sobre Ibn al-Raqqam, éste se convertirá probablemente en la figura más interesante de todo el período nazarí.

Pese a ello, no hay duda de que Ibn al-Raqqam constituye una excepción. La ciencia andalusí había alcanzado su máxima expresión en el siglo XI, y mostraba todavía ciertos aspectos interesantes en el XII, pero no sobrevivió a la decadencia política y a la larga agonía de los nazaríes granadinos. Al-Qalasadi, como muchos de sus predecesores y contemporáneos, lo comprendió bien y partió para Túnez poco antes de la crisis final. Cuando murió en 1486, la cultura y la ciencia andalusíes sólo le sobrevivieron durante seis años.

NOTAS

(1) Movimiento retrógrado de los puntos equinocciales, en virtud del cual se anticipan un poco de año en año las épocas de los equinoccios.

(2) Decíase del círculo alrededor de la Tierra por el centro del epiciclo de un planeta. Círculo que se suponía descrito por un planeta alrededor de un centro que se movía en el deferente.

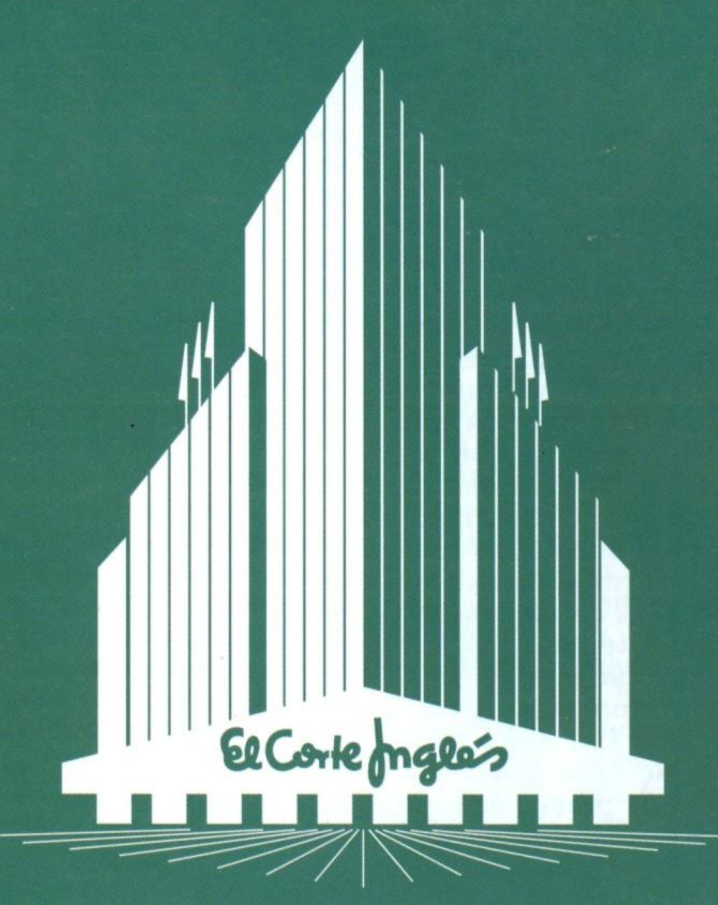
(3) Diferencia entre las posiciones aparentes que en la bóveda celeste tiene un astro, según el punto desde donde se supone observado.

(4) Acción de bisecar, es decir, cortar o dividir en dos partes iguales.

(5) Centro común a dos o más circunferencias.

Bibliografía

Una justificación bibliográfica y redacción más elaborada y detallada de esta síntesis se encontrará en el trabajo de J. Vernet y J. Samsó, *Les developpements de la science arabe en Andalousie* dentro de la gran *Historia de la Ciencia Arabe* publicada en París y Londres bajo la dirección de R. Rashed. Síntesis de obligada referencia es la de J. Vernet, *La ciencia en al-Andalus,* Sevilla, 1986. Sobre la transmisión de conocimientos científicos a través de al-Andalus, cf. J. Vernet, *La cultura hispanoárabe en Oriente y Occidente.* Barcelona, 1978. Sobre los orígenes y evolución de la cultura andalusí durante el emirato, cf. M. ʿA. Makki, *Ensayo sobre las aportaciones orientales en la España Musulmana y su influencia en la formación de la cultura hispano-árabe,* Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos, 9-10 (1961-62), 65-231 y 11-12 (1963-64), 7-140. Sobre la Granada nazarí, cf. R. Arié, *L'Espagne Musulmane au temps des Nasrides (1232-1492).* París, 1973 (con un breve resumen sobre ciencia y medicina en las págs. 428-438). Sobre agronomía, cf. L. Bolens, *Agronomes andalous du Moyen Age,* Genève-Paris, 1981. Sobre Azarquiel, cf. J. M. Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel,* Madrid-Granada, 1943-50. Colecciones de estudios de detalle se hallarán en J. M. Millás. *Estudios sobre Historia de la Ciencia Española,* Barcelona, 1949, y *Nuevos Estudios sobre Historia de la Ciencia Española,* Barcelona, 1960 (ambos volúmenes han sido reimpresos por el C.S.I.C. en Madrid, 1987); J. Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval,* Barcelona-Bellaterra, 1979, cf. también las colecciones de trabajos de distintos autores editados por J. Vernet en *Memorias de la Real Academia de Buenas Letras de Barcelona* 13 (1971-75), así como *Estudios sobre Historia de la Ciencia Arabe,* Barcelona, 1980; *Textos y Estudios sobre Astronomía Española en el siglo XIII,* Barcelona, 1981; *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el siglo de Alfonso X,* Barcelona, 1983. Cf. finalmente, *De Astronomía Alphonsi Regis.* Editado por M. Comes, R. Puig y J. Samsó. Barcelona, 1987.


El Corte Inglés